

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA**

Institut geoinformatiky

**Vizualizace souvislostí mezi fenologickými
a meteorologickými daty ze stanice ČHMÚ
Holenice**

Visualization of Relationships Between Phenological and Meteorological data
from the weather station Holenice, Czech Hydrometeorological Institute

Diplomová práce

Autor:

Bc. Petr Količ

Vedoucí diplomové práce:

RNDr. Daniela Szturcová, Ph.D.

Ostrava 2017

Prohlášení

Celou diplomovou práci včetně příloh jsem vypracoval samostatně a uvedl všechny použité podklady a literaturu. Ve své programové aplikaci jsem použil pramenů uvedených v bibliografii.

- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 25. 04. 2017

.....

Bc. Petr Količ

Poděkování

Především bych chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce RNDr. Daniele Szturcové, Ph.D., za vedení při jejím vypracování. Dále zaměstnancům Českého hydrometeorologického ústavu, panu Mgr. Janu Davidovi Reitschlägerovi a Ing. Lence Hájkové, Ph.D. za cenné rady v průběhu řešení této práce. V neposlední řadě bych také rád poděkoval Ing. Martině Litschmannové, Ph.D., za věcné rady k využití jazyka R.

Anotace

Tématem diplomové práce je zpracování fenologických dat ze stanice Holenice. Pro tuto práci byla získána data od Českého hydrometeorologického ústavu, dále ČHMÚ. Bylo provedeno předzpracování dat, což znamenalo data sjednotit, doplnit a importovat do prostředí Oracle Database Express Edition 11g. V dalších částech jsou popsány metody zpracování dat a formy vizualizací. V etapě zpracování dat se zjišťovaly korelace mezi vybranými proměnnými. Mezi použité metody vizualizace patří grafy znázorňující závislosti mezi proměnnými, tabulky s vypočtenými korelačními koeficienty a automaticky vytvářené heat mapy. Pro vizualizaci dat bylo také využito prostředí Google Earth za použití XSLT transformace. Byl také vytvořen podklad pro webovou aplikaci. V rámci práce byla vytvořena metodika pro doplňování chybějících fenologických dat, metodika automatické i ruční tvorby heat mapy a soupis SQL dotazů pro výpis dat z databáze za použití SQL Developeru.

Klíčová slova

Fenologie, ČHMÚ, Mezifázové intervaly, Heat map, Oracle, Vizualizace

Summary

The theme of this the diploma thesis is processing phenological data from the station Holenice. In this work, data was obtained from the Czech Hydrometeorological Institute (from now on, only ČHMÚ). Data were preprocessed, which meant uniting, complementing and importing them into Oracle Database 11 g Express Edition. In the following sections are described methods for data processing and methods of visualization. In the stage of data processing, correlation between the selected variables was measured. Among methods used for visualization are graphs showing the dependencies between variables, tables with calculated correlation coefficients and automatically generated heat maps. To visualize the data, Google Earth environment using XSLT transformations was used. Basic Web application was also created. In this work, a methodology for filling in missing phenological data was created, methodology for automatic and manual creation of heat maps, and a list of SQL queries to extract data from the database using SQL Developer.

Keywords

Phenology, CHMI, Interphase intervals, Heat map, Oracle, Visualization

OBSAH

1	ÚVOD A CÍLE PRÁCE	1
2	FENOLOGIE A ZPŮSOBY PUBLIKOVÁNÍ FENOLOGICKÝCH DAT	2
3	ZÁJMOVÁ OBLAST	5
3.1	Charakteristika fenologické stanice	5
3.2	Dřeviny zkoumané v rámci této diplomové práce	6
3.2.1	Třešeň ptačí.....	6
3.2.2	Líska obecná.....	7
3.2.3	Bříza bělokorá.....	7
3.2.4	Dub letní	8
3.2.5	Bez černý	8
3.2.6	Vrba jíva	8
3.3	Zkoumané fenofáze	9
3.3.1	Popis fenofází	9
4	CHARAKTERISTIKA DAT A JEJICH PŘÍPRAVA	12
4.1	Sjednocení dat	12
4.2	Doplňování chybějících hodnot	13
4.2.1	Schválená metodika doplnění dat	14
4.2.2	Automatické doplnění dat.....	15
4.3	Statistické zhodnocení procesu doplnění dat	16
5	TVORBA DATABÁZOVÉHO PROSTŘEDÍ.....	17
6	PRÁCE S NAIMPORTOVANÝMI DATY	20
7	HEAT MAP	26
7.1	Ruční zpracování heat map	26
7.1.1	Práce v prostředí SQL Developeru	26
7.1.2	Práce v prostředí Microsoft Excel	28
7.1.3	Práce v prostředí RKWard.....	31
7.2	Řešení problémových případů.....	33
7.3	Automatické vytvoření podkladu pro heat map	36
8	FENOLOGIE V GOOGLE EARTH	37
9	VOLNĚ DOSTUPNÁ APLIKACE PRO FENOLOGII	41
10	ZKOUMÁNÍ ZÁVISLOSTÍ MEZI DATY	42
11	ZÁVĚR.....	49
	Použité internetové zdroje.....	51
	Použitá literatura	52
	Slovník pojmů	53

Zdroje obrázků	54
Seznam obrázků	55
Seznam tabulek	57
Seznam grafů.....	58
Seznam příloh	59

1 ÚVOD A CÍLE PRÁCE

Tématem diplomové práce bylo provést vizualizaci souvislostí mezi fenologickými a meteorologickými daty z fenologické stanice ČHMÚ Holenice. Na základě požadavků od ČHMÚ bylo do zpracování zahrnuto 6 druhů dřevin sledovaných na stanici Holenice, a to Třešeň ptačí, Líska obecná, Vrba jíva, Dub letní, Bez černý a Bříza bělokorá. Po předzpracování dat se data nahrála do databázového prostředí Oracle, ve kterém byly vytvořeny potřebné tabulky pro tuto práci. Dále se nad těmito daty prováděly analýzy, s cílem zpracovat zadané úkoly, jako například zkoumání mezifázových intervalů, vizualizace dat a vizualizace zjištěných závislostí. Byly připraveny podklady pro tvorbu analýz nad daty uloženými v databázi, vytvořen skript pro automatické zpracování heat map, skripty pro možnost vizualizovat fenologická data v prostředí Google Earth a vytvořen základ webové aplikace pro fenologii.

Cílem práce bylo ověřit hypotézy, které předpokládají souvislost změn fenologických fází s průběhem počasí. Dále zjistit a vhodně interpretovat, zda a jak lze zachytit vztahy mezi délkou mezifázových intervalů a základními parametry vypovídajícími o meteorologických podmínkách na sledovaném území. Přesné zadání je přiloženo v diplomové práci. Pro úplnost zde uvádím dílčí úkoly, kterých mělo být v této práci dosaženo. Prvním a zároveň nejdůležitějším úkolem bylo doplnit a sjednotit data poskytnutá ČHMÚ a nahrát je do databázového prostředí Oracle. Po splnění tohoto úkolu jsem se mohl zaměřit na zpracování dat. Dalším požadavkem bylo vybrat vhodné typy vizualizací. Pro vizualizaci dat byly po zvážení použity tabulky, vybrané typy grafů a hlavně heat mapy. Dále se mezi poskytnutými sadami dat prováděly intervalové odhady a zkoumala korelace.

2 FENOLOGIE A ZPŮSOBY PUBLIKOVÁNÍ FENOLOGICKÝCH DAT

Fenologie je vědní disciplína, která se zabývá studiem časového průběhu periodicky se opakujících životních projevů rostlin a živočichů v závislosti na podmínkách vnějšího prostředí. Předmětem zkoumání jsou obecně se opakující jevy (fenologické fáze) ve vývoji živých organismů [7].

Fenofáze je určitý, zevně dobře rozpoznatelný a zpravidla každoročně se opakující projev vývinu nadzemních orgánů sledovaných druhů rostlin. Popis fáze znamená výčet znaků, jejichž současný výskyt charakterizuje fenofázi a umožňuje ji rozpoznat jako určitý moment nebo úsek v procesu vývinu rostliny. Nástup fáze ukazuje časový údaj určující, kdy vývin dospěl právě do úrovně dané popisem fenofáze [23].

Fenologie není jen věda popisná, ale jako součást bioklimatologie hledá poznání vzájemných vztahů mezi vývojem klimatu a fenologickými trendy projevů populací rostlin [27]. V Čechách se jako první o vliv počasí na život rostlin a zvířat začali zajímat meteorologové J. Stepling, A. Strnad a M. A. David. Od roku 1769 byla v Čechách zavedena pravidelná fenologická pozorování. Tato první pozorování byla ale nesystematická, proto se v letech 1879 – 1941 postupně sjednocovala metodika pozorování. Sloučené meteorologické služby převzal v roce 1940 Ústřední meteorologický ústav pro Čechy a Moravu s celou sítí pozorovacích stanic i archivních údajů. Od roku 1954 se sledování posloupností fenologických fází u rostlin zjišťuje v rámci Hydrometeorologického ústavu. Významná změna ve fenologickém pozorování nastala po roce 1983, kdy byly stanice rozděleny podle toho, jestli sledují polní plodiny nebo ovocné dřeviny. Hustota sítě fenologických stanic se přibližovala síti stanic meteorologických. V roce 1987 byl vydán metodický předpis i pro činnost stanic pozorujících lesní dřeviny [25]. V současnosti se sledování provádí podle Návodu pro činnost fenologických stanic, který je průběžně inovován, naposledy v roce 2009 [23]. Aktuálně ČHMÚ shromažďuje sledování ze 40 fenologických stanic rozmístěných na území ČR. Vysledovaná data se publikují od roku 1960 formou Ročenky fenologického pozorování. Již v minulosti byla fenologická pozorování srovnávána s dlouhodobými klimatickými řadami a rovněž byly studovány vzájemné vztahy mezi nimi [27].

Data z fenologického pozorování získávají pracovníci ČHMÚ z fenologických stanic díky dobrovolným pozorovatelům. Tato data mohou být však neúplná, data nástupů

fenofází mohou chybět. Z důvodu potřeby úplnosti datové sady, která se dále používá pro různé analýzy, se musí chybějící hodnoty vhodně doplnit. Jednou z metod je výpočet chybějících hodnot na základě aritmetického průměru [8, 25]. Tato metoda však může vytvářet nepřesné nebo zkreslené výsledky, jak bylo ověřeno při výpočtech během řešení této práce, viz kapitola číslo 4.2 Doplnování chybějících hodnot. Extrémní hodnoty díky aritmetickému průměru zkreslí hodnoty nástupu fenofází z jiných let a může se stát, že vypočtená hodnota touto metodou porušuje obecná pravidla nástupů fenofází.

Problém neúplnosti datové sady byl díky osobní konzultaci a mailové korespondenci s panem Mgr. J. D. Reitschlägerem (ČHMÚ) řešen nově navrženou metodou doplňování dat na základě průměrné hodnoty mezifázového intervalu a poměru. Tento proces je popsán také v kapitole číslo 4.2 Doplnování chybějících hodnot.

Pro prvotní náhled na data byly v disertační práci [21] využity rozptylogramy a krabicové grafy pro zobrazení rozptylu a rozsahu hodnot o teplotě nebo srážkách. Byly zde zkoumány závislosti mezi různými fenologickými a klimatologickými proměnnými. Pro zjištění závislosti fenologických jevů na teplotě byly použity regrese nebo korelace. Pomocí korelace byla v dalších pracích [20, 21, 27] sledována také závislost mezi začátkem rašení a teplotou, byly ověřovány závislosti mezi fenologickými a klimatologickými daty pomocí teplotních sum, popřípadě jestli na nástup fenofáze rašení má vliv počet dní nad stanovenou prahovou hodnotou teploty.

Zkoumáním odchylek nástupů fenofází od dlouholetého průměru se zabývali autoři v [25]. Dále jsou zde popsány charakteristiky fenologických poměrů, jako časoprostorová variabilita nástupu fenofází či fenologický kalendář. Souhrnná fenologická charakteristika Česka ve formě atlasu, i jeho popisné části vedly k vyjasnění, jak zařadit jednotlivé dřeviny zkoumané v následných analýzách.

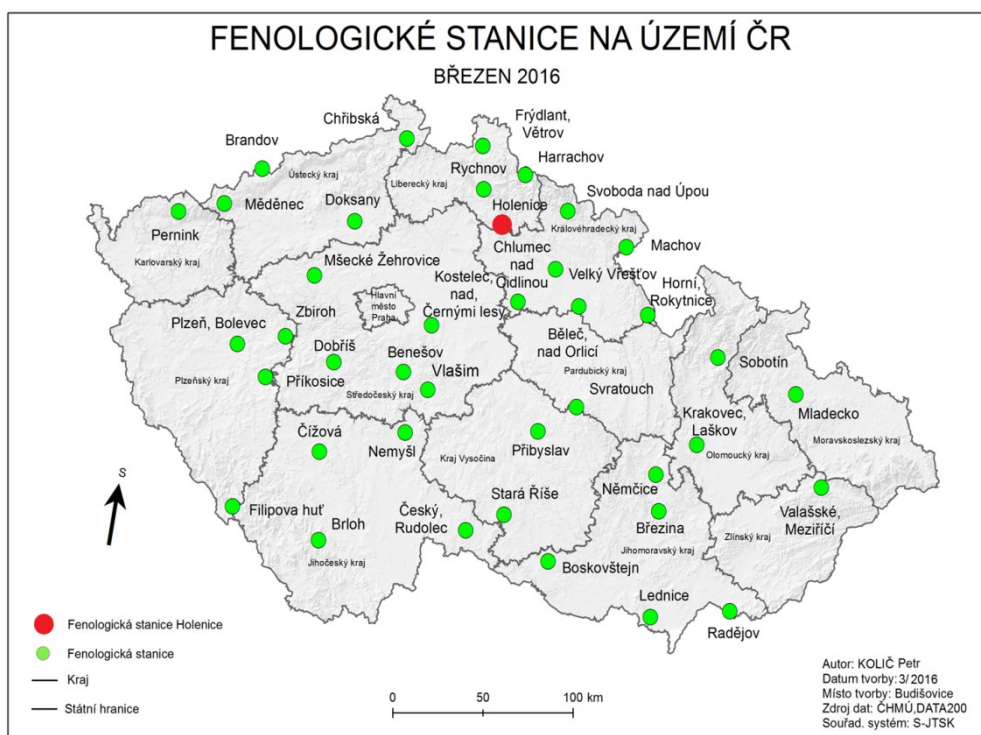
Pro porovnání závislostí a různých proměnných se obvykle používají vhodné způsoby vizualizace či nástroje pro publikování analýz v přehledné formě. Publikace, zabývající se fenologickými daty využívají:

- tabulky – například pro vypočtené korelační koeficienty [21],
- grafy spojnicové – například pro zobrazení závislosti mezi začátkem rašení a sumou aktivních teplot [21],
- grafy sloupcové – například pro zobrazení odchylek nástupu vybraných fází od dlouhodobého průměru [25],

- grafy pruhové [25] – například pro zobrazení průměrné doby trvání fáze kvetení ve sledovaném období,
- fenofázové mapy – například mapa zobrazující nástup butonizace u vybrané dřeviny na území ČR [25].

Při konzultacích k možnostem použití vizualizací fenologických dat byla pro zobrazení proměnlivosti mezifázových intervalů zvolena metoda zobrazení formou heat map [17]. Detailnější popis heat map je uveden v kapitole 7. K dalším možnostem zpracování fenologických dat patří metody prostorových analýz, jako jsou metody IDW, spline a cokriging [27].

V dnešní době je fenologie jako taková spíše na ústupu. Na území ČR existovalo mnoho fenologických stanic, na nichž se provádělo pozorování. Jejich počet se neustále snižuje. Aktuálně ČHMÚ spravuje 40 fenologických stanic. Jejich rozmístění je možné vidět na Obrázku 1.

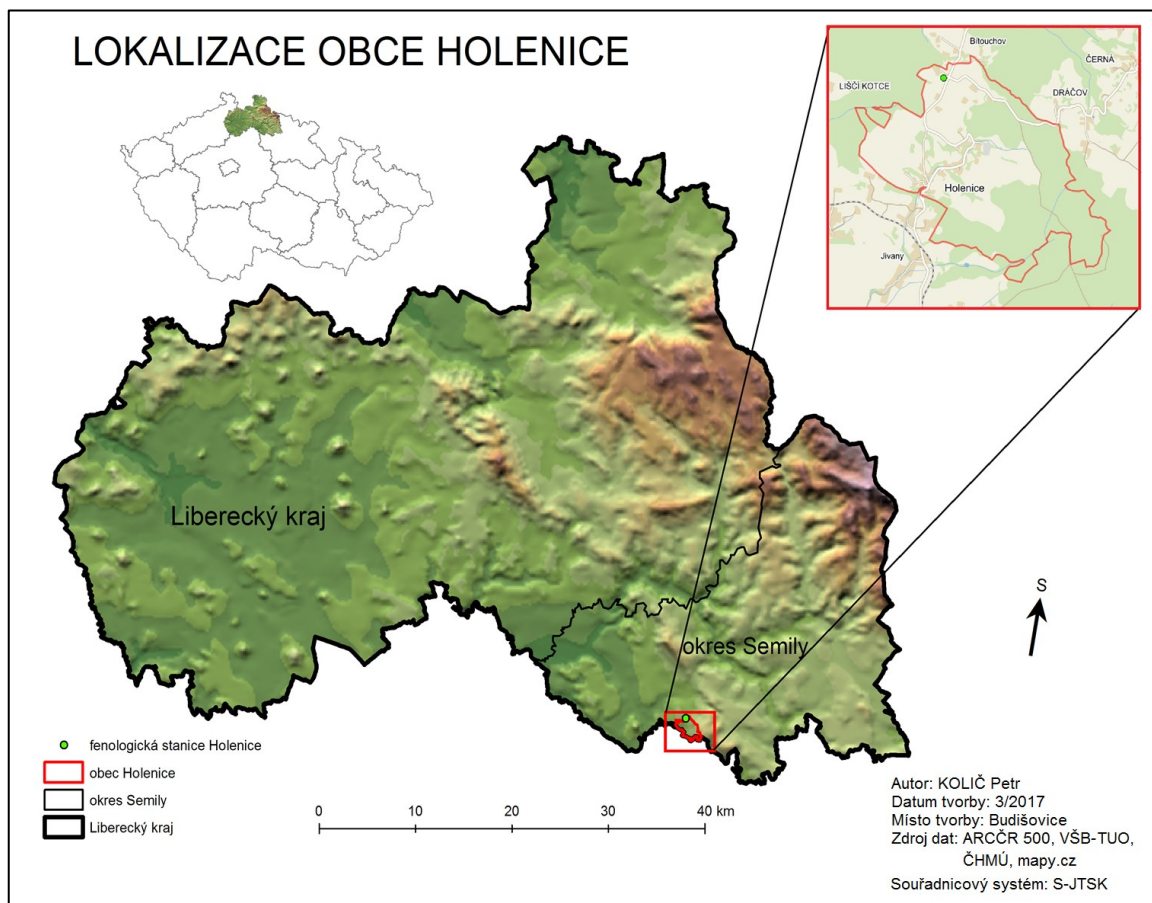


Obrázek 1: Fenologické stanice na území ČR

Červeně je znázorněna stanice Holenice. Tato stanice byla vybrána jako pilotní pro zpracování v rámci této diplomové práce. Postupy zpracování dat na této zvolené stanici se budou moci následně použít pro zpracování dat na jakékoliv další fenologické stanici.

3 ZÁJMOVÁ OBLAST

První písemná zmínka o obci Holenice, kde se nachází vybraná fenologická stanice, pochází z roku 1398. Obec Holenice je umístěna v Libereckém kraji, okrese Semily. Žije zde necelých sto obyvatel. Rozloha této obce je 3,49 km² [22].



Obrázek 2: Oblast zájmu

3.1 Charakteristika fenologické stanice

Cílem činnosti fenologických stanic je co nejpřesněji zjistit a zaznamenat nástupy fenologických fází pro vybrané druhy rostlin. Stanice jsou zřizovány na místech, která jsou botanicky bohatá, z důvodu naplnění konkrétního pozorovacího programu [23]. Fenologická stanice Holenice se nachází v severní části obce na křížení místních komunikací, nedaleko hranice s obcí Bítouchov na souřadnicích: 50.53007300N, 15.30253300E. Jednotlivé dřeviny, které jsou v rámci této práce zkoumány, jsou rozmístěny v okolí stanice. Přesnou lokalizaci rostlin s jejich názvy je možno zjistit z příložené Tabulky 1 a Obrázku 3.

Tabulka 1: Informace o umístění dřevin

Druh rostliny	Zem šířka	Zem délka	Nadm výška
Třešeň ptačí	50.53020278	15.30561111	440 m n. m.
Líska obecná	50.53013333	15.30526667	435 m n. m.
Bříza bělokorá	50.52909444	15.30233056	477 m n. m.
Dub letní	50.53019400	15.30577500	438 m n. m.
Bez černý	50.53055556	15.30194444	422 m n. m.
Vrba jíva	50.52939167	15.30251389	427 m n. m.



Obrázek 3: Umístění stanice Holenice včetně zkoumaných dřevin

3.2 Dřeviny zkoumané v rámci této diplomové práce

Jedním z prvních kroků v diplomové práci bylo vybrat, pro které dřeviny budou fenologická data zpracována. Na začátku byla dodána data pro 16 druhů dřevin ze všech 40 fenologických stanic spravovaných ČHMÚ. Později byl stanoven počet zkoumaných dřevin na 6. Při procházení dat jsem zjistil, že u jedné z dřevin (Buk lesní) chybělo v záznamech mnoho hodnot. Po konzultaci s ČHMÚ byla tato dřevina nahrazena Vrbou jívou. Konečný seznam zkoumaných dřevin je uveden v Tabulce 1 v předchozí kapitole. Pro tyto dřeviny byla později doplněna data pro všechny stanice, na kterých se vyskytují. V následujících podkapitolách jsou vybrané dřeviny krátce charakterizovány.

3.2.1 Třešeň ptačí

Třešeň ptačí, *Prunus avium*, patří do říše rostliny, podříše cévnaté rostliny, oddělení krytosemenné, třídy vyšší dvouděložné, řád růžotvaré, čeleď růžovité, rod třešeň. Je to statný ovocný strom dorůstající výšky až 35 m. Roste roztroušeně ve světlých lesích a křovinatých stráních od nížin do podhorského stupně. Koruna bývá vejčitá [1].



Obrázek 4: Třešeň ptačí, zdroj (1)

3.2.2 Líska obecná

Líska obecná, *Corylus avellana*, patří do říše rostliny, podříše cévnaté rostliny, oddělení krytosemenné, třídy vyšší dvouděložné, řád bukotvaré, čeleď břízovité, rod líska. Je to rozložitý keř obvykle 3 – 4 m vysoký, může však dorůst až 8 metrů. Kvete brzy od února do dubna ještě před vyrašením listů. Plody jsou typické hnědé oříšky, které dozrávají koncem léta. Vyrůstají samostatně nebo častěji ve skupinách až po 5 kusech. V ČR roste líska prakticky po celém území, od nížin do podhůří, nejčastěji na okrajích lesů, v křovinách, okolo cest i u vodních toků. Uchytí se na hlinitých a výživných spíše alkalických půdách s dostatkem vláhy [2].



Obrázek 5: Líska obecná, zdroj (2)

3.2.3 Bříza bělokorá

Bříza bělokorá, *Betula pendula*, patří do říše rostliny, podříše cévnaté rostliny, oddělení krytosemenné, třídy vyšší dvouděložné, řád bukotvaré, čeleď břízovité, rod bříza. Je to nejhojnější druh břízy v Evropě. Dorůstá výšky až 25 m. Je odolná vůči nepříznivému klimatu díky bílé kůře, která odráží podstatnou část dopadajících záření. Je to typický pionýrský druh, který je velmi aktivní při kolonizaci zpustlé kulturní krajiny. Její dřevo dobře hoří, kůra hoří i mokrá [3].



Obrázek 6: Bříza bělokorá, zdroj (3)

3.2.4 Dub letní

Dub letní, *Quercus robur*, patří do říše *rostliny*, podříše *cévnaté rostliny*, oddělení *krytosemenné*, třídy vyšší *dvouděložné*, řád *bukotvaré*, čeleď *bukovité*, rod *dub*. Roste od nížin do podhůří, může vytvářet doubravy nebo růst jako solitér. Koruna je mohutná, nepravidelně rozložitá, protáhlá směrem nahoru. Plodem je žalud. Dorůstá výšky až 45 metrů. Roste v téměř jakémkoli typu půdy včetně písčité, daří se mu i na vlhkých hlinitých půdách [4].



Obrázek 7: Dub letní, zdroj (4)

3.2.5 Bez černý

Bez černý, *Sambucus nigra*, patří do říše *rostliny*, podříše *cévnaté rostliny*, oddělení *krytosemenné*, třídy vyšší *dvouděložné*, řád *štětkovité*, čeleď *pižmovkovité*, rod *bez*. V přírodě roste volně na světlých i polostinných místech. Dorůstá výšky 7 – 10 m, kvete v červnu a červenci. Čerstvé plody Bezu černého mají projímavé účinky, sušením nebo tepelným zpracováním se tato vlastnost ztrácí. Využívá se také v potravinářství [5].



Obrázek 8: Bez černý, zdroj (5)

3.2.6 Vrba jíva

Vrba jíva, *Salix caprea*, patří do říše *rostliny*, podříše *cévnaté rostliny*, oddělení *krytosemenné*, třídy vyšší *dvouděložné*, řád *vrbokvěté*, čeleď *vrbovité*, rod *vrba*. Je to malý až středně vysoký strom dorůstající od 6 do 12 m. Má zprohýbaný kmen a hustou košatou korunu s nepravidelným větvením. Tento druh vrby patří mezi širokolisté vrby. Listy jsou eliptické



Obrázek 9: Vrba jíva, zdroj (6)

nebo vejčité. Je velmi užitečná při přirozeném zalesňování krajiny. Nepotlačuje ostatní dřeviny, zlepšuje svým opadem lesní půdu a poskytuje potravu zvěři. Jakmile ji hlavní dřeviny začnou přerůstat, sama odumírá a ustupuje. Důležitá je i ve včelařství, neboť poskytuje bohatou a zároveň první jarní pastvu včelám [6].

3.3 Zkoumané fenofáze

Každá dřevina má dané fenofáze, které se u ní zkoumají. Pořadí, ve kterém mají fenofáze nastávat, je uvedeno v Návodu pro fenologickou činnost [23]. Tabulka 2 vysvětluje zkratky zkoumaných fenofází, které určilo ČHMÚ pro zpracování v této diplomové práci. Každá zkoumaná fenofáze je krátce charakterizována. V Tabulce 3 jsou zobrazena správná pořadí nástupů vybraných fenologických fází u zkoumaných dřevin.

Tabulka 2: Vysvětlivky zkratk fenofází

BT	Butonizace
KK	Konec kvetení
LX	Plné olistění
OL100	Opad listů 100%
PF	Počátek fruktifikace
PL10	První listy 10%
RA	Rašení
ZL100	Žloutnutí listů 100%
ZP10	Zralost plodů 10%

3.3.1 Popis fenofází

- 1) Rašení (RA)** – pozoruje se u všech druhů dřevin s výjimkou Bezu černého. U bylin se tato fenofáze vůbec nesleduje. Pozorují se jen terminální (vrcholové) pupeny. Ve spojitosti s růstem orgánů (v tomto případě listů) skrytých uvnitř pupenu došlo k částečnému rozevření obalných šupin, takže jsou vidět špičky listů nebo jehlic. Za datum nástupu fenofáze na jednotlivé rostlině se považuje den, kdy počet terminálních pupenů, které již dospěly do popsaného stavu, právě překročil 10 % z celkového počtu těchto pupenů [7].
- 2) První listy 10% (PL10)** – tato fáze se pozoruje u všech druhů dřevin. Z koncových pupenů jsou vyrostlé listy, které jsou částečně rozvinuté. U složených listů jsou vidět všechny lístky, u jednoduchých listů je vidět listové žebro [8].

- 3) **Butonizace (BT)** – u Třešně ptačí, Dubu letního a Bezu černého, když jsou uprostřed listové růžice nebo ihned po rozevření pupenu právě zřetelně vidět dosud nedorostlá květenství. U dubu se pozorování týká jen samčího květenství. U Lísky obecné a Břízy jívy – z počátku tuhá, semknutá samčí jehněda se ve své horní třetině začíná rozvolňovat a ohýbat k zemi. Pro Vrbu jívu – tmavě zbarvené krycí šupiny samčích květních pupenů (jehněd) právě opadaly a květenství se obnažilo [20].
- 4) **Konec kvetení (KK)** – pozoruje se u všech dřevin. U modřínu, břízy, lísky a olše se sledují pouze samčí květenství. Prašníky v květech (šišticích, jehnědách) jsou již prázdné, tmavnou a zasychají, podobně jako nitky tyčinek. Rovněž korunní plátky nebo okvěti začínají zasychat a opadávají. Samčí jehnědy a šišlice zasychají, rozpadávají se, padají k zemi. Zaznamenává se pouze úroveň 100 % [7].
- 5) **Počátek fruktifikace (PF)** – v této fázi se začínají nalévat semeníky. Dále již začíná být patrný charakteristický tvar plodu, který se začíná vyvíjet [8].
- 6) **Plné olistění (LX)** – pozoruje se u všech druhů dřevin. U bylin se tato fenofáze nepozoruje. Při pozorování se berou v úvahu všechny listy či jehlice s výjimkou těch, které vznikají na janských výhonech. Čepel listu je již rozvinutá; u složených listů jsou již rozvinuty všechny lístky. Zaznamenává se pouze úroveň 100 %, kdy již víceméně všechny listy odpovídají popisu fenofáze [7].
- 7) **Zralost plodů 10% (ZP10)** – pozoruje se u všech dřevin a u bylin s výjimkou Sněženky. Plody či šišlice mají charakteristický tvar a zabarvení, jsou dorostlé do konečné velikosti, a buď začínají měknout (například plody třešně) nebo jsou naopak již typicky ztvrdlé (například oříšek lísky). U dalších druhů je pro určení zralosti rozhodující praskání (otevírání, drolení) plodů a uvolňování semen či roznášení jednotlivých plodů větrem [7].
- 8) **Žloutnutí listů 100% (ZL100)** – 100% listů na dřevině se zabarvilo (a popř. část již opadala). Probarvování listů vlivem choroby či jiného poškození se pod tento pojem nezahrnuje [7].

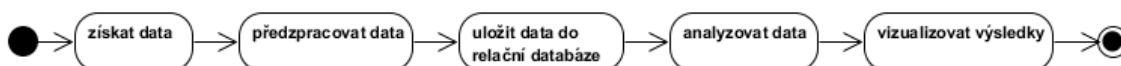
Tabulka 3: Přehled zkoumaných fenofází seřazených podle nástupu fáze

Pořadí	Třešeň ptačí	Líska obecná	Vrba jíva	Dub letní	Bez černý	Bříza bělokorá
1	RA	BT	BT	RA	PL10	BT
2	BT	KK	RA	BT	LX	RA
3	KK	RA	KK	LX	BT	KK
4	LX	LX	LX	KK	KK	LX
5	PF	ZP10	ZP10	PF	PF	ZP10
6	ZP10	ZL100	ZL100	ZP10	ZP10	ZL100
7	ZL100			ZL100	OL100	

Zjištění správného pořadí nástupu fenofází u sledovaných dřevin bylo nezbytné pro pozdější zpracování analýz. Názvy fenofází se nahrazovaly číslem pořadí například u tvorby heat map (kapitola 7). Jak je patrné z Tabulky 3, pořadí nástupu fenofází není u zkoumaných dřevin vždy stejné.

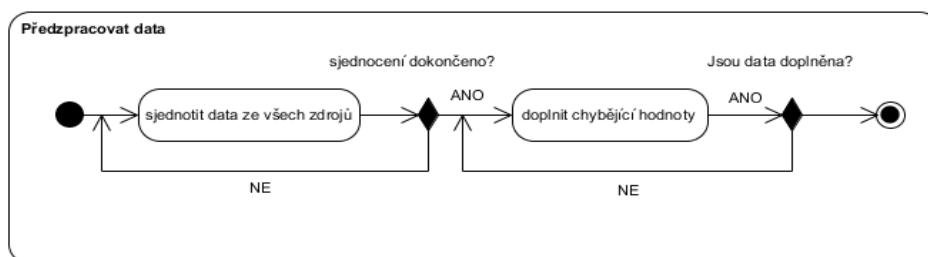
4 CHARAKTERISTIKA DAT A JEJICH PŘÍPRAVA

Poskytnutá data pro tuto diplomovou práci byla dodána v souborech Microsoft Excel od ČHMÚ a VŠB-TUO. Získané soubory obsahovaly informace o fenologických stanicích, informace o sledovaných dřevinách a nástupech jejich fází. Po obdržení většiny dat potřebných pro práci jsem začal s preprocessingem dat. Bylo zapotřebí se v datech zorientovat a datům porozumět. Dodatečně byla poskytnuta data o průměrné denní teplotě a slunečním svitu na stanici Holenice. Na níže uvedeném diagramu aktivit jsou zobrazeny další dílčí úkony, které byly v rámci této práce prováděny. Jejich bližší specifikace jsou uvedeny v rámci jednotlivých kapitol.



Obrázek 10: Aktivitní diagram základní úrovně

Aby bylo možné začít data používat, bylo nutné sjednotit všechna data do stejného formátu. Veškerá data z dodaných souborů Excel byla ve výsledku sjednocena do jednoho dokumentu, ze kterého se posléze dala data exportovat a importovat dále.



Obrázek 11: Aktivitní diagram pro předzpracování dat

4.1 Sjednocení dat

Prvním krokem, tím nejdůležitějším, bylo sjednotit všechna poskytnutá data (40 stanic, 16 dřevin). Potřebná data byla rozmístěna v různých souborech. Jako příklad uvedu, že v datech chyběly hodnoty pro rok 2011. Po zjištění tohoto problému mi byla data poskytnuta, a ke správné dřevině doplněna. Dále byl problém v tom, že chyběly hodnoty nástupů fenofází. Postup doplnění byl vždy v případě zjištění chybějících dat stejný, a to kontaktování ČHMÚ. Pokud data byla k dispozici, byla postupně připojována k sjednocovanému dokumentu k ostatním datům.

Jakmile byla ukončena fáze sjednocování dat, výsledkem byly dva soubory Excel. V jednom byly informace o všech stanicích, a v druhém informace o dnech nástupu

fenofází pro jednotlivé dřeviny, na jednotlivých stanicích, v jednotlivých letech. Na následujícím Obrázku 12 je zobrazeno doplnění dat pro roky 1992, 2011 a fáze ZL100 u stanice Němčice.

indikativ	rok	RA	LX	BT	KK	PF	ZP10	ZL10	OL100	ZL100
C2NEMY31	1992	113	130	108	126	130	185	276	324	301
C2NEMY31	1993	109	130	110	125	156	187	293	330	301
C2NEMY31	1994	105	120	106	122		185	258	306	300
C2NEMY31	1995	116	132	105	126	127	186	287	332	271
C2NEMY31	1996	116	123	118	133	124	191	283	325	297
C2NEMY31	1997	118	132	117	140	126	193	256	305	294
C2NEMY31	1998	117	136	105	124	130	187	251	310	272
C2NEMY31	1999	115	126	117	130	131	187	289	336	268
C2NEMY31	2001		129	105		128	181	285	319	303
C2NEMY31	2002	108	134	106	126	129	171	275	334	292
C2NEMY31	2003	110	130	114	127	128	182	265	333	300
C2NEMY31	2004	118	130	100	131	131	182	285	332	298
C2NEMY31	2006	122	131	116	118	132	184	282	323	313
C2NEMY31	2007	104		100	127	130	186	277	316	312
C2NEMY31	2009	111	128	99	114	115	185	278	326	297
C2NEMY31	2010	113	134	118	129	130	183	279	327	293
C2NEMY31	2011	110	128	98	119	134	188	276	324	295

Obrázek 12: Ukázka sjednocených dat pro stanici Němčice

4.2 Doplnování chybějících hodnot

Dalším krokem v preprocessingu dat bylo doplnit chybějící hodnoty tam, kde je to možné. Chybějící data, která mají a která nemají být doplněna, byla stanovena pracovníkem ČHMÚ a zároveň bylo rozhodnuto, že se doplní data u všech 40 stanic, ale už jen pro 6 dřevin, vybraných pro tuto práci. Určení, zda hodnotu doplnit nebo ne záleželo na tom, zdali fenofáze 100% nenastala, a zdali je pro doplnění chybějících hodnot dostatek okolních hodnot k dopočtu.

První způsob doplnování dat byl pomocí aritmetického průměru. Doplnění se provádělo tak, že se spočítala průměrná hodnota nástupu fenofáze pro danou stanici v letech, kdy fenofáze má hodnoty. Tato hodnota byla následně doplněna do chybějících polí v rámci stanice. Tento postup byl aplikován na zkušební sadě dat. Po doplnění hodnot byl soubor poslán na kontrolu do ČHMÚ. Postup byl po konzultaci vyhodnocen jako nevyhovující, protože v několika případech fáze porušily obecná pravidla pro nástup fenofází (např. u Třešně ptačí nikdy nesmí nastat fáze butonizace před plným olistěním, atd.). Na základě tohoto zjištění se způsob doplnování dat pomocí aritmetického průměru dále neaplikoval. Alternativním přístupem doplnění dat bylo spočítat průměrnou hodnotu

mezifázového intervalu (interval mezi fází předcházející a nadcházející). Tento postup byl opět vyzkoušen na vybrané sadě dat, zkontrolován a schválen ČHMÚ. Tímto způsobem doplněná data byla již vyhovující. Postup byl použit pro doplnění všech označených chybějících hodnot u nástupu fenofází.

121	136	176	256
130	144	189	278
131	146		
134	157		
133	147	176	233
136	152	180	236
92	107	161	245
121	110	164	248
123	142	179	252
110	119	176	260
122	134	184	267
122	135	187	265

Obrázek 13: Ukázka označených chybějících hodnot pro doplnění

Zeleně vyznačená pole na Obrázku 13 byla doplněná níže popsanou metodikou na základě mezifázových intervalů a poměrů. Tmavě žlutá pole označená ČHMÚ se nedoplňovala.

4.2.1 Schválená metodika doplnění dat

Pro ukázkou výpočtů hodnot v modrých polích (sloupec PF – počátek fruktifikace) se výpočet skládal z několika kroků (barva textu odpovídá barvám na Obrázku 14):

1. Rozdíl fáze 2 – fáze 1 – např. PF (počátek fruktifikace) – KK (konec kvetení).
 - Z vypočtených hodnot byl stanoven aritmetický průměr 1 (4,875).
2. Rozdíl fáze 3 – fáze 2 – např. ZP10 (zralost plodů 10%) – PF (počátek fruktifikace).
 - Z vypočtených hodnot byl stanoven aritmetický průměr 2 (48,625).
3. Následně se aritmetické průměry zaokrouhlily na celá čísla => 5 a 49.
4. Výpočet poměru = (zaokrouhlený ar.průměr 2 (49) / zaokrouhlený ar.průměr 1 (5)).
 - Výsledkem je v tomto případě (po zaokrouhlení) poměr 1:10.
5. Dále byl vypočten rozdíl mezi dnem nástupu nadcházející a dnem nástupu předchozí fáze
(ZP10 (192) – KK (135)) = 57.
6. Vypočtenou hodnotu rozdílu (57) vydělíme 11 (vychází z poměru 1:10, to je 11 částí) a zaokrouhlíme.
 - Výsledkem je v tomto případě hodnota 5.

7. Tuto vypočtenou hodnotu přičteme k předchozí fázi KK (135 + 5) a dostaneme hledanou hodnotu pro první chybějící fázi ve sloupci PF, a to hodnotu 140. Stejným postupem byly doplněny hodnoty 130 a 134 ve sloupci PF.

Ukázka výpočtu je vidět na následujícím Obrázku 14.

BT	KK	PF	ZP10	ZL100					
98	110	123	169	300					
108	119	125	182	286					
95	114	117	161	298	Rozdíl nadcházející - předchozí fáze	hodnoty pro dopočet	výpočet hodnoty 140 = rozdíl fází nacházející - přídchozí (57) / 11 (poměr 1:10 = 11) = 5 =) předchozí fáze KK (135) + 5 = 140		
114	135	140	192	265	57	5			
115	126	130	174	255	48	4			
111	129	134	188	276	59	5			
110	130	134	202	265					
118	137	141	182	260	PF-KK	ZP10-PF			
109	135	138	180	257	4	68			
96	128	133	180	265	4	41	ar.průměr 1	4,875	
100	127	131	183	262	3	42	zaok.ar.prům 1	5	
104	120	123	166	264	5	47			
96	132	137	189	264	4	52			
105	130	134	177	259	3	43	ar.průměr 2	48,625	
110	129	132	168	263	5	52	zaok.ar.prům 2	49	
99	129	135	186	268	4	43			
106	133	141	188	267	3	36			
109	134	138	190	268	6	51			
99	116	126	174	265	8	47	poděr	9,8	
98	128	133	183	266	4	52	zaok.poděr	1:10	
96	117	124	167	263	10	48	výsl.poděr	11	
100	132	135	198	268	5	50			
					7	43			
					3	63			

Obrázek 14: Doplnování dat pomocí mezifázových intervalů

Po doplnění všech vybraných chybějících hodnot byl soubor poslán ke schválení na pracoviště ČHMÚ. Po schválení doplnění dat, byl proveden jejich import do připraveného prostředí systému řízení báze dat Oracle. Potřebné tabulky pro import byly vytvořeny v čase, kdy byla data poslána na schválení do ČHMÚ.

4.2.2 Automatické doplnění dat

Bylo vyzkoušeno automatické doplnování hodnot pomocí softwaru IBM SPSS Statistic [30]. Data dopočtená automaticky pomocí tohoto softwaru se od výsledků mého schváleného ručního doplnění dat výrazně lišily. Odchyly byly i v řádech desítek dnů. Docházelo k porušení několika obecných pravidel pro nástup fenofází. Tento způsob není pro doplnění dat vhodný. Bylo by vhodné vyvinout vlastní algoritmus pro automatické doplnování fenologických dat, který by se dal na data aplikovat a splňoval by zároveň obecné podmínky pro nástup fenofází.

4.3 Statistické zhodnocení procesu doplnění dat

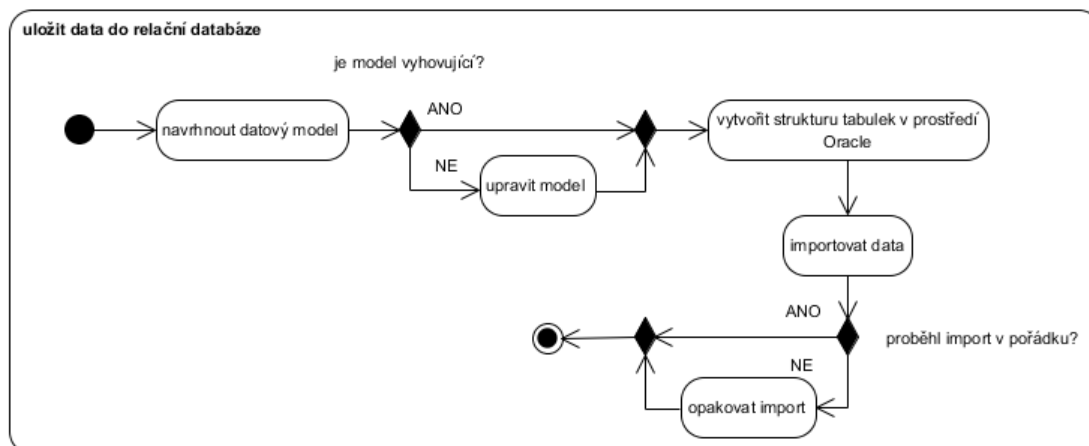
Data byla doplněna pro 6 dřevin na všech 40 stanicích, ke kterým byla poskytnuta data. Po dokončení doplňování dat bylo provedeno statistické zhodnocení doplnění, viz Tabulka 4.

Tabulka 4: Zhodnocení doplnění dat na všech sledovaných stanicích

	Celkem údajů	Chybělo	Nedoplněno	Doplněno
Bez černý	4797	211	33	178 (84,4%)
Bříza bělokorá	4374	190	132	58 (30,5%)
Dub letní	4192	368	212	156 (42,4%)
Líska obecná	3818	305	265	40 (13,1%)
Třešň ptačí	4390	161	84	77 (47,8%)
Vrba jíva	4005	244	161	83 (34%)
CELKEM	25576	1479	887	592 (40%)

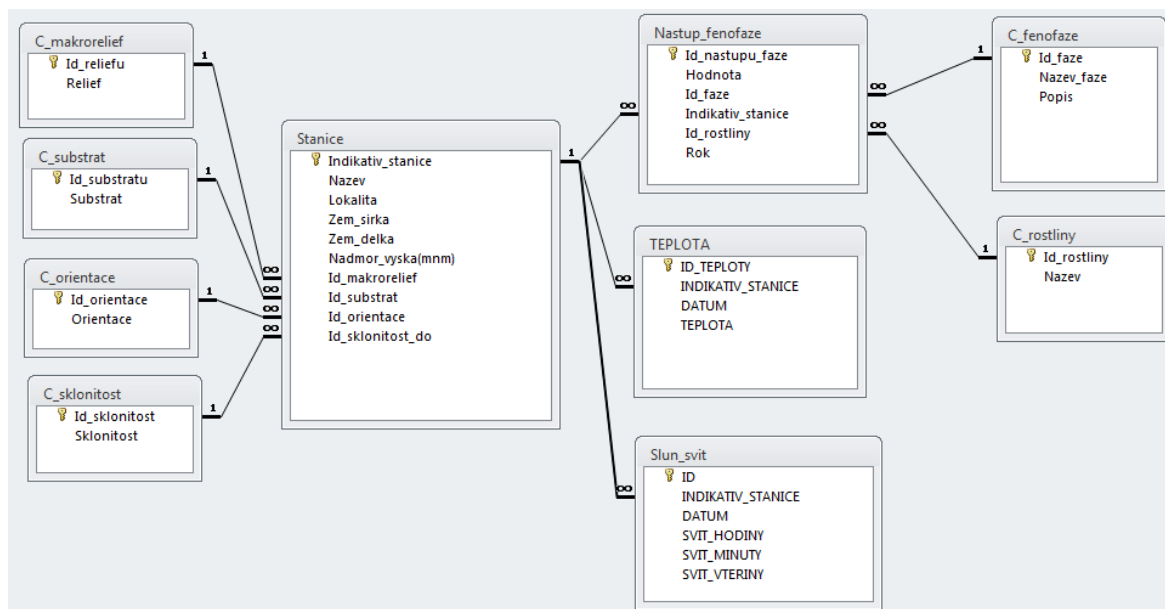
Při prozkoumání Tabulky 4 je patrné, že nejvíce dat se podařilo doplnit u Bezu černého. Naopak nejméně u Lísky obecné. Počet procent chybějících hodnot po doplnění u všech zkoumaných dřevin byl ČHMÚ vyhodnocen jako přijatelný. U Bezu černého 1%, u Břízy bělokoré 3%, u Dubu letního 5%, u Lísky obecné 7%, u Třešně ptačí 2% a u Vrby jívy 4% z celkového počtu hodnot pro danou dřevinu ze 40 stanic.

5 TVORBA DATABÁZOVÉHO PROSTŘEDÍ



Obrázek 15: Aktivitní diagram pro tvorbu databáze

Ze strany ČHMÚ byl vznesen požadavek, aby se s daty pracovalo v prostředí Oracle. Z tohoto důvodu byl stažen Oracle SQL Developer a Oracle Database Express Edition 11g. Prvním krokem byl návrh datového modelu. Datový model byl vytvořen v prostředí Microsoft Access 2010. Postupně se model upravoval a přizpůsoboval potřebám zpracování a povaze dat. Na následujícím Obrázku 16 lze vidět konečný datový model.



Obrázek 16: Datový model

Po dokončení návrhu datového modelu byly vytvořeny tabulky v prostředí SQL developeru. Tabulky byly tvořeny příkazem jazyka SQL *CREATE TABLE ()*. Jako příklad uvádím na následující stránce vytvoření tabulky *Nastup_fenofaze*:

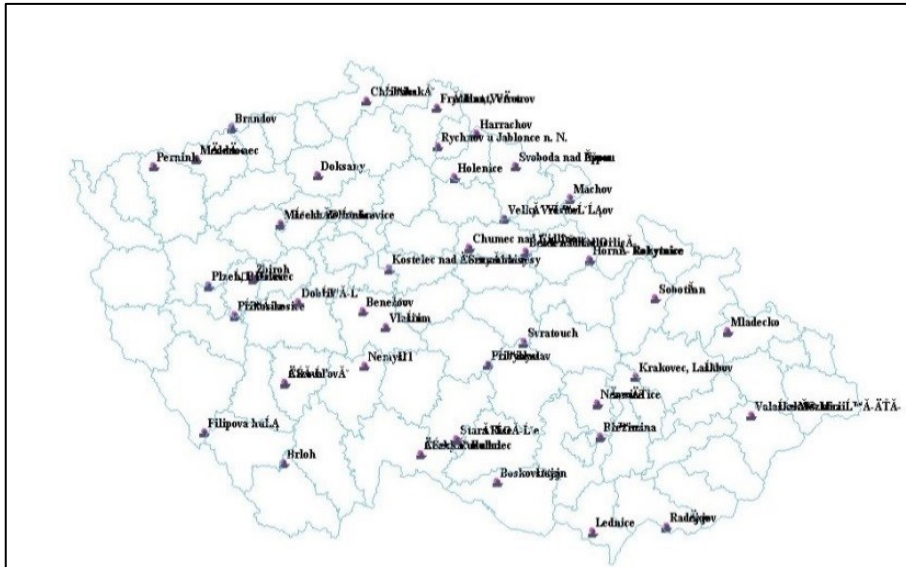
```
CREATE TABLE Nastup_fenofaze (
ID_NASTUPU_FAZE NUMBER(7,0) PRIMARY KEY,
HODNOTA NUMBER(3,0),
ID_FAZE VARCHAR2(10 BYTE),
INDIKATIV_STANICE VARCHAR2(15 BYTE),
ID_ROSTLINY VARCHAR2(20 BYTE),
ROK NUMBER(4,0)
);
```

Po navržení struktury tabulek proběhlo vyzkoušení integritních omezení a po prověření vhodnosti navrženého modelu proběhl import dat do připravených tabulek. Data byla importována z připravených dokumentů Excel, kdy pro každou fázi jednotlivé dřeviny byl připraven list Excelu. Ukázka listu Excelu pro import dat je vidět na Obrázku 17.

Id_nastupu_faze	Hodnota	Id_faze	Indikativ_stanice	Id_rostliny	Rok
23589	227	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	1992
23590	228	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	1993
23591	242	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	1994
23592	248	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	1995
23593	251	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	1996
23594	253	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	1997
23595	255	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	1998
23596	245	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	1999
23597	220	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2000
23598	227	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2001
23599	232	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2002
23600	227	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2003
23601	237	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2004
23602	232	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2005
23603	232	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2006
23604	224	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2007
23605	227	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2008
23606	227	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2009
23607	232	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2010
23608	234	ZP10	B1KRAK31	BEZ_CERNY	2011

Obrázek 17: Připravený list Excelu pro import fáze ZP10 u Bezu černého na všech stanicích

Po vložení dat byla kontrolována správnost importu pomocí několika kontrolních SQL dotazů. Výsledek byl vždy totožný s připravenými daty. Po nainportování všech dat byla vyzkoušena v prostředí SQL Developeru nadstavba Georaptor, která se používá pro vizualizaci prostorových dat. Rozšíření bylo vyzkoušeno pro zobrazení fenologických stanic, které jsou lokalizovány zeměpisnými souřadnicemi. Výsledkem je zobrazení fenologických stanic jako na Obrázku 1, ale v prostředí Georaptor, viz Obrázek 18.



Obrázek 18: Zobrazení fenologických stanic v rozšíření Georaptor

Následně již tato nástavba nebyla využita, protože všechny ostatní operace byly prováděny v prostředí ArcMap 10.3. ArcMap je více intuitivní, poskytuje více funkcí a byl v rámci studia využíván. Pomocí Georaptoru bylo pouze vyzkoušeno zobrazení dat přímo z databáze.

6 PRÁCE S NAIMPORTOVANÝMI DATY

Naimportováním dat do prostředí Oracle můžeme s daty začít efektivně pracovat. Jedním z požadavků bylo zkoumání chování délky mezifázových intervalů. Délka mezifázového intervalu znamená rozdíl mezi dnem nástupu jedné fáze a dnem nástupu druhé fáze. Dále se měl zkoumat vliv teploty a slunečního svitu na nástup fenofází. Pro přehlednost byly výstupy získané v SQL Developeru kopírovány do prostředí Microsoft Excel. Základní práce s daty se dělila:

Podle prostředí:

- Microsoft Excel,
- statistický program RKWard,
- prostředí SQL Developeru + Oracle.

Podle předmětu zkoumání:

- Teplota
 - suma aktivní teploty v intervalu (°C),
 - průměrná teplota v intervalu (°C),
 - počet dní v intervalu vyhovující podmínce nad zadanou teplotou.
- Sluneční svit
 - suma slunečního svitu ve zkoumaném intervalu (v hodinách),
 - průměrná doba svitu mezi fázemi (v hodinách).

Prvním krokem bylo vytvoření pohledů (view) pro jednotlivé fenofáze. Jako ukázkou zde uvádím vytvoření pohledů fáze rašení (RA) a plné olistění (LX) u Dubu letního. Pohledy se vytváří následovně:

pohled pro fázi rašení:

```
create view dub_ra  
as select *  
from holenice_dub  
where id_faze = 'RA';
```

pohled pro fázi plné olistění:

```
create view dub_lx  
as select *  
from holenice_dub  
where id_faze = 'LX';
```

Dále si zobrazíme datum, kdy jednotlivé fáze nastaly. Abychom se v zobrazených datech vyznali, pojmenujeme si jednotlivé sloupce jako RA, datumRA, LX, datumLX a pocet_dni. Počet dní je rozdíl mezi nástupem první a druhé fáze. Odečítá se pozdější fáze

od dřívější a přidává se den, a to z důvodu, že u fenofází se počítá i den, kdy daná fáze nastala. Výstup vytvoříme takto:

```
select e.hodnota as "RA", e.datum as "datumRA", g.hodnota as "LX", g.datum as  
"datumLX", e.rok, ((g.hodnota-e.hodnota)+1) as "pocet_dni"  
  
from dub_ra e, dub_lx g  
  
where e.rok=g.rok;
```

Nyní máme vypsána data nástupů fází a počet dní mezi nimi. Následuje vytvoření pohledu s teplotami v zadaném intervalu. To provedeme takto:

```
create view teploty_dub_ralx92  
  
as select teplota, datum  
  
from teplota  
  
where datum BETWEEN TO_DATE('&Datum faze 1, 'DD/MM/YYYY') AND  
TO_DATE('&Datum faze 2, 'DD/MM/YYYY');
```

Zkoumáme fázi RA a LX v roce 1992, takže po zobrazení hlášky: DATUM FAZE 1 napíšeme ve formátu DD.MM.YYYY datum první fáze (RA), po zobrazení hlášky: DATUM FAZE 2 napíšeme nástup druhé fáze. Po správném provedení máme pro rok 1992 zjištěny teploty v jednotlivých dnech v zadaném intervalu.

Dále můžeme z vytvořeného pohledu zjišťovat charakteristiky teplot. Pomocí:

```
select min(teplota), max(teplota), avg(teplota), sum(teplota), median(teplota),  
count(teplota)  
  
from teploty_dub_ralx92;
```

Dostaneme v tomto pořadí: minimální teplotu, maximální teplotu, průměrnou teplotu, sumu teploty, medián teploty a pro kontrolu správného vytvoření počet dní. Ten by se měl shodovat s údajem zjištěným dříve (pocet_dni). Dále byl zkoumán počet dní vyhovujících podmínce teplota nad 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 °C. Tyto informace získáme takto:

```
select teplota, datum  
  
from teploty_dub_ralx92  
  
where teplota > 1;
```

PETR KOLIČ: Vizualizace souvislostí mezi fenologickými a meteorologickými daty ze stanice ČHMÚ Holenice

Vždy měníme jen atribut hodnoty teploty (1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10).

Pokud budeme chtít zkoumat sluneční svit, změníme pouze názvy vytvářených pohledů a místo atributu teplota zvolíme atribut svit_h (svit v hodinách). U slunečního svitu zkoumáme pouze průměrnou hodnotu a sumu. Jako ukázkou změny atributu na svit (za předpokladu přepsání názvů atributu) uvádím:

select avg(svit_h), sum(svit_h) from svit_dub_ralx92;

Na následujícím Obrázku 19 můžeme vidět výstupy z takto získaných informací.

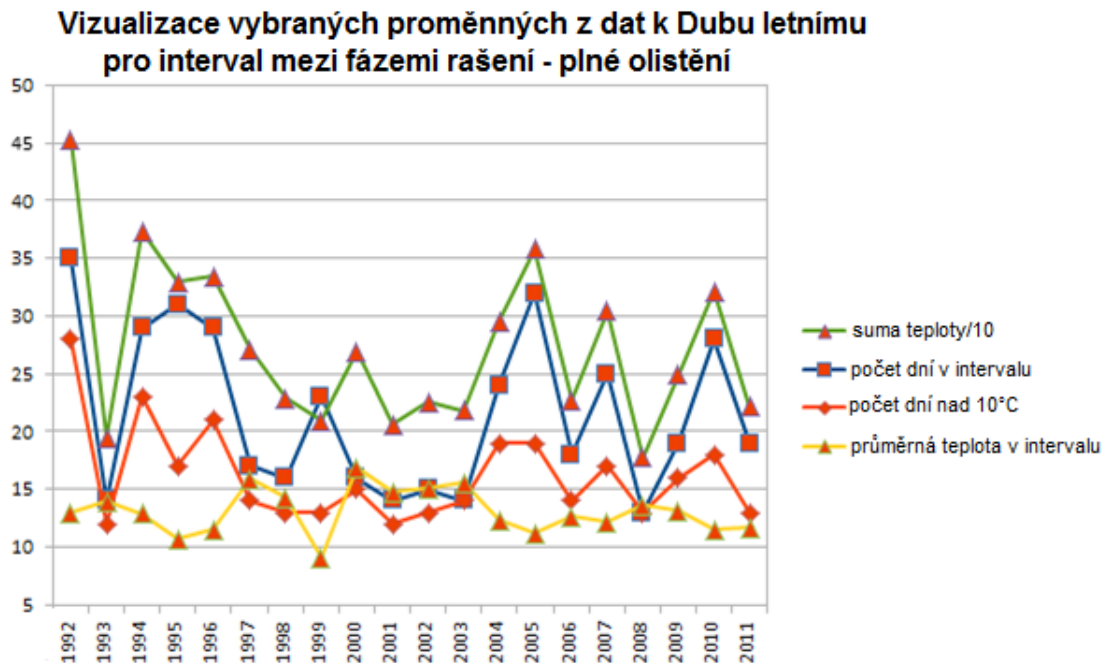
Stanice:		Holenice			
Rostlina:		Dub letní			
Roky		1992 - 2011			

fáze	datum nástupu fáze 1	datum nástupu fáze 2	počet dní v intervalu	rok	počet dní vyhovujících podmínce teplota nad							
					1°C	2°C	5°C	6°C	7°C	8°C	9°C	10°C
ra - lx	28.4.	1.6.	35	1992	35	35	35	35	35	32	30	28
ra - lx	26.4.	9.5.	14	1993	14	14	14	14	13	12	12	12
ra - lx	26.4.	24.5.	29	1994	29	29	29	29	27	25	24	23
ra - lx	26.4.	26.5.	31	1995	31	31	31	29	26	22	18	17
ra - lx	24.4.	22.5.	29	1996	29	29	29	29	26	26	23	21
ra - lx	4.5.	20.5.	17	1997	17	17	17	16	16	15	15	14
ra - lx	26.4.	11.5.	16	1998	16	16	16	15	15	14	14	13
ra - lx	15.4.	7.5.	23	1999	23	22	19	18	18	16	15	13
ra - lx	21.4.	6.5.	16	2000	16	16	16	16	16	16	16	15
ra - lx	1.5.	14.5.	14	2001	14	14	14	14	14	14	14	12
ra - lx	27.4.	11.5.	15	2002	15	15	15	15	14	14	14	13
ra - lx	27.4.	10.5.	14	2003	14	14	14	14	14	14	14	14
ra - lx	27.4.	20.5.	24	2004	24	24	24	24	24	23	22	19
ra - lx	23.4.	24.5.	32	2005	32	32	31	27	26	24	22	19
ra - lx	28.4.	15.5.	18	2006	18	18	18	16	16	15	14	14
ra - lx	17.4.	11.5.	25	2007	25	25	25	25	23	21	19	17
ra - lx	2.5.	14.5.	13	2008	13	13	13	13	13	13	13	13
ra - lx	14.4.	2.5.	19	2009	19	19	19	19	19	19	17	16
ra - lx	26.4.	23.5.	28	2010	28	28	28	27	27	24	22	18
ra - lx	24.4.	12.5.	19	2011	18	18	17	16	16	16	15	13

min.teplota °C	max.teplota °C	medián	prům.teplota °C	suma teploty °C	prum.svit	suma.svit
8,0	18,3	13,1	13,0	453,4	8,5	298,9
6,8	17,6	14,9	13,9	194,5	8,4	117,6
6,1	18,8	13,4	12,9	374,0	6,9	200,4
5,4	21,3	10,3	10,6	330,0	6,4	199,5
6,7	16,7	11,5	11,5	334,1	4,5	131,1
5,8	22,6	16,6	15,9	270,7	7,9	133,5
5,8	20,9	15,0	14,3	228,8	7,0	112,9
1,5	15,4	10,2	9,1	209,4	6,7	155,2
9,9	20,8	17,1	16,9	269,8	9,3	149,4
9,1	20,8	14,7	14,7	206,1	8,8	124,3
6,9	22,1	16,1	15,0	225,7	7,7	115,6
11,1	21,4	15,4	15,6	218,0	7,7	108,3
7,1	16,8	12,5	12,3	295,1	5,6	133,4
4,8	21,6	11,2	11,2	358,4	5,8	184,5
5,7	17,2	13,5	12,6	227,1	8,2	147,9
6,1	18,0	13,1	12,2	304,7	8,3	207,1
10,5	16,9	13,6	13,7	177,5	9,5	123,6
8,1	15,6	13,8	13,1	249,1	9,4	178,5
5,8	19,2	11,3	11,5	321,7	3,5	97,2
1,0	18,0	12,9	11,7	221,4	7,6	143,5

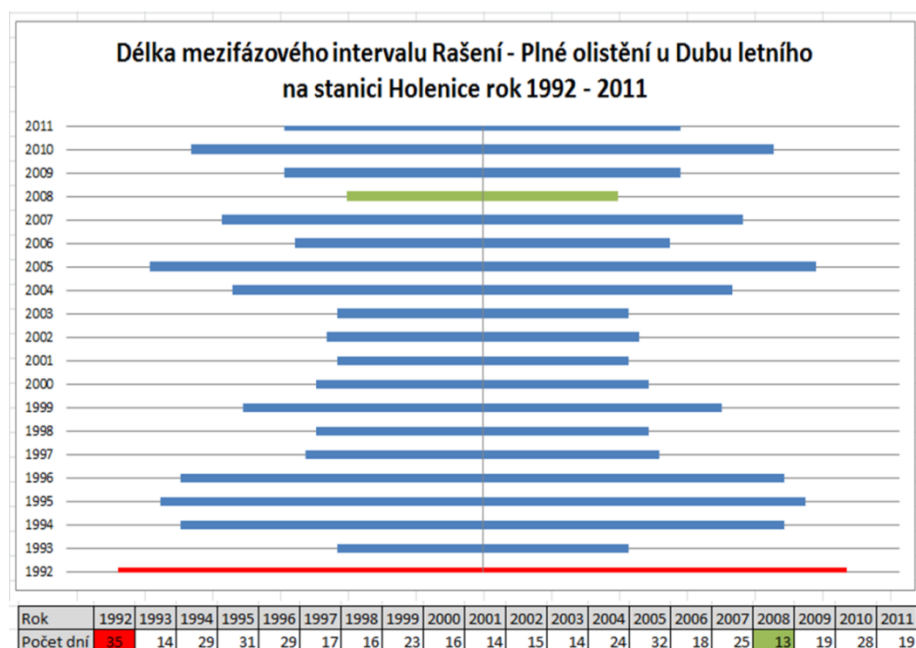
Obrázek 19: Výstupy zkoumání teploty a slunečního svitu

Na základě takto připravených dat, můžeme dále zkoumat např. korelaci mezi sumou teploty a délkou mezifázového intervalu (počtem dní) nebo tvořit grafy. Takovéto ruční zpracování dat a hledání nehomogenit je zdlouhavé a neefektivní. Pro ukázkou níže vkládám 2 grafy (Graf 1 a 2) vytvořené z dat získaných ručním zpracováním.



Graf 1: Vizualizace dat získaných z databáze

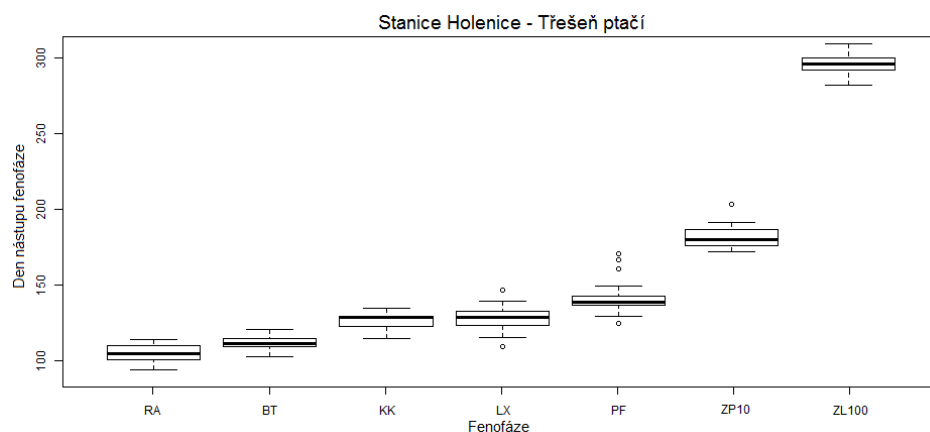
Spojnicovým typem grafů byla snaha nalézt a vizualizovat v datech závislosti. Na Grafu 1 je patrná závislost mezi počtem dní v intervalu a sumou teploty. U náhodně zkoumaných mezifázových intervalů se závislosti mezi proměnnými mění. Obecně se dá říci, že délka mezifázového intervalu bude závislá jak na teplotě tak i délce slunečního svitu, ale také na mnoha dalších proměnných (srážky, orientace, atd.).



Graf 2: Vizualizace proměnlivosti mezifázových intervalů

Z pruhového Grafu 2 jsme schopni vyčíst, kolik dní trval interval mezi nástupem fáze rašení a plné olistění v jednotlivých letech u Dubu letního. Nejdelší interval byl v roce 1992 (35 dní) a nejkratší interval byl v roce 2008 (13 dní). Díky tomuto typu vizualizace se můžeme později zaměřit na zkoumání příčiny změn délek mezifázových intervalů, které se výrazně odlišují od ostatních let a jsou v tomto grafu jasně patrné. Podrobnější informace o zkoumání závislostí mezi daty jsou uvedeny v kapitole 10.

Dalším typem náhledu na data a zjištění jejich obecného charakteru jsou boxploty (krabicové grafy). Data si do vhodného formátu exportujeme nebo přímo vytvoříme ve formátu CSV. Následným nahráním do RKWard si můžeme zobrazit boxploty pro zkoumané fáze, Obrázek 20. V tomto krabicovém grafu jsou použita všechna poskytnutá data pro Třešň ptačí na stanici Holenice v letech 1992 – 2011.



Obrázek 20: Krabicový graf pro fenofáze u Třešň ptačí na stanici Holenice

Díky tomuto zobrazení je ihned vidět, v jakém intervalu jednotlivé fáze přibližně nastávají. Také jsme schopni identifikovat odlehlé hodnoty. Pomocí boxplotu je možné si zkontrolovat správné doplnění dat. Odlehlá pozorování na Obrázku 20 byla zkontrolována a jedná se o správně doplněná data.

Další možností práce s daty jsou intervalové odhady. To znamená, že např. s 95% pravděpodobností můžeme určit interval nástupu určité fáze. Pro intervalový odhad byl po ověření normality dat použit t-test (intervalový odhad střední hodnoty). Tyto odhady můžeme udělat pro stejnou dřevinu na různých stanicích a zhodnotit, jak se intervaly nástupů jednotlivých fenofází shodují nebo liší, třeba i na základě fyzicko-geografických charakteristik fenologických stanic. Pro ukázkou je v Tabulce 5 uvedena charakteristika vybraných stanic pro tuto analýzu. Tabulka 6 ukazuje výsledky 95% intervalových odhadů.

Tabulka 5: Charakteristika vybraných fenologických stanic pro intervalové odhady

Stanice	Makrorelief	Substrát	Orientace	Sklonitost	Nadm.výška
Holenice	náhorní rovina - horské sedlo na návrší	jíly a svahové hlíny	rovina	5-10°	390-405
Val.Meziříčí	svah s rel. výškou 30-150 m	pískovce, slepence, droby	rovina	do 5°	420-487
Český Rudolec	rovina	hlubinné vyvřeliny	rovina	do 5°	540-545
Rychnov u Jab.n.Nis	kotlina	jíly a svahové hlíny	sever	5-10°	490-500

Tabulka 6: 95% intervalové odhady nástupu fenofází pro Třešeň ptačí na 4 různých stanicích

Třešeň ptačí - HOLENICE	RA	BT	KK	LX	PF	ZP10	ZL100
Spodní mez nástupu fáze	99	108	122	123	135	175	290
Horní mez nástupu fáze	105	113	127	131	146	183	297
Třešeň ptačí - VALMEZ	RA	BT	KK	LX	PF	ZP10	ZL100
Spodní mez nástupu fáze	102	102	123	131	130	177	292
Horní mez nástupu fáze	110	110	128	135	135	185	299
Třešeň ptačí - RUDOLEC	RA	BT	KK	LX	PF	ZP10	ZL100
Spodní mez nástupu fáze	99	101	126	123	129	182	282
Horní mez nástupu fáze	105	107	131	128	132	190	291
Třešeň ptačí - RYCHNOV	RA	BT	KK	LX	PF	ZP10	ZL100
Spodní mez nástupu fáze	106	110	132	134	134	179	284
Horní mez nástupu fáze	114	118	139	139	143	194	292

Tyto stanice byly zvoleny kvůli rozdílnosti geografických charakteristik. Z analýzy je následně možné vyčíst, zdali se zkoumaná dřevina chová v různých podmínkách podobně, nebo jsou jasně identifikovatelné odchylky mezi intervaly nástupů fází.

7 HEAT MAP

Heat mapa – teplotní mapa je dvou-dimenzionální reprezentace dat, ve které jsou hodnoty reprezentované barvami. Jednoduchá teplotní mapa poskytuje okamžitý vizuální souhrn informací. Existují také složitější tepelné mapy, které mohou vysvětlovat složitost datových sad [17].

V rámci této diplomové práce byla pomocí heat map zobrazena proměnlivost délky trvání mezifázových intervalů u zkoumaných dřevin na stanici Holenice. Heat mapy byly tvořeny z počátku ručně, abych danou problematiku pochopil a dopracoval se ke správným výsledkům. Posléze byl ruční postup zautomatizován skriptem v jazyce Java. Oba postupy vytváření heat map jsou uvedeny v dalších podkapitolách.

7.1 Ruční zpracování heat map

Tato kapitola pojednává o metodice vytvoření heat mapy ručním způsobem a rozděluje zpracování podle použitých prostředí, která jsou: SQL Developer, Microsoft Excel, RKWard.

7.1.1 Práce v prostředí SQL Developeru

1) Výběr stanice

Vybereme stanici, se kterou chceme pracovat. Ze všech dat uložených v databázi vytvoříme tabulku s daty týkajícími se pouze vybrané stanice.

```
create table Holenice as select * from nastup_fenofaze where indikativ_stanice = 'P2HOLE31';
```

2) Tvorba pohledů (view) pro vybrané dřeviny

Následně vytvoříme pohledy pro vybrané dřeviny:

```
create view Holenice_TRESEN as select * from nastup_fenofaze where id_rostliny = 'TRE_PTAC';
```

```
create view Holenice_DUB as select * from nastup_fenofaze where id_rostliny = 'DUB_LET';
```

```
create view Holenice_BRIZA as select * from nastup_fenofaze where id_rostliny = 'BRIZ_BELO';
```

```
create view Holenice_LISKA as select * from nastup_fenofaze where id_rostliny = 'LIS_OBEC';
```



```
create view Holenice_BEZ as select * from nastup_fenofaze where id_rostliny =  
'BEZ_CERNY';
```

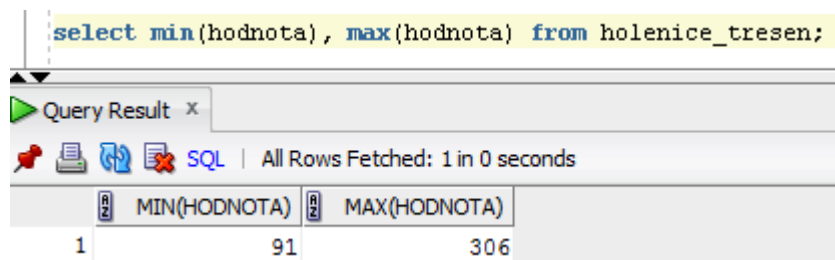
```
create view Holenice_VRBA as select * from nastup_fenofaze where id_rostliny =  
'VRBA_JIVA';
```

Nyní máme pro každou vybranou dřevinu vždy jeden pohled.

3) Zjištění rozsahu osy

Pro další zpracování musíme znát pro danou dřevinu minimální a maximální hodnotu (den) nástupu fází ve všech letech, pro která byla poskytnuta data. Zjistíme je následovně:

```
select min(hodnota), max(hodnota) from holenice_tresen;
```



MIN(HODNOTA)	MAX(HODNOTA)
1	306

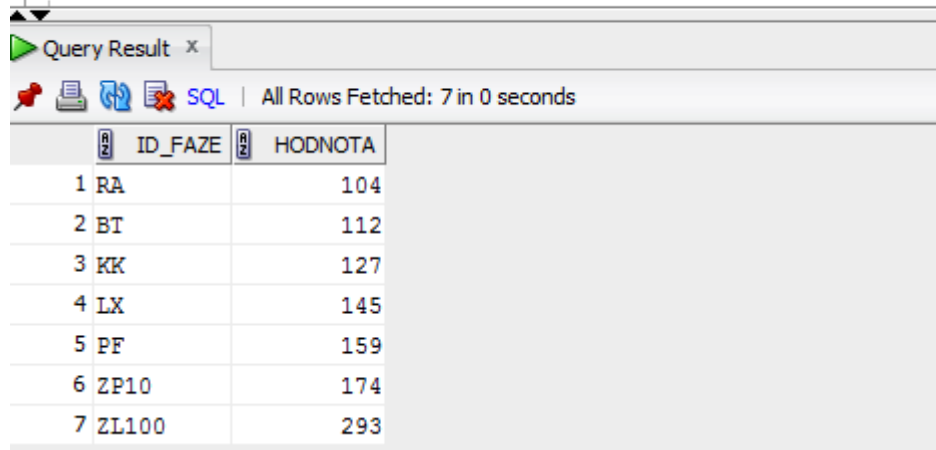
Obrázek 21: Zjištění rozsahu osy pro tvorbu heat mapy u Třešně ptačí v letech 1992 - 2011

4) Zjištění fází v daném roce

Dále si vypíšeme fáze a jejich dny nástupu v jednotlivých letech. Poté měníme vždy jen atribut rok. Výpis je seřazen podle *hodnoty* – dne nástupu fáze. To z důvodu, aby bylo jasné, kdy fáze v daném roce nastaly (Obrázek 22).

```
select id_faze, hodnota from holenice_tresen where rok = 1992 order by hodnota;
```

```
select id_faze, hodnota from holenice_tresen where rok = 1992;
```



Query Result x

SQL | All Rows Fetched: 7 in 0 seconds

	ID_FAZE	HODNOTA
1	RA	104
2	BT	112
3	KK	127
4	LX	145
5	PF	159
6	ZP10	174
7	ZL100	293

Obrázek 22: Výpis fenofází u Třešně ptačí v roce 1992 seřazené dle hodnoty

7.1.2 Práce v prostředí Microsoft Excel

Vytvoříme nový sešit. Rozsah minima a maxima vkládáme podle počtu zkoumaných let. K dispozici jsou data z let 1992 až 2011 = 20 let = 20x osa. Pro vytvoření korektního vstupu do programu RKWard, zde připravíme soubor, který bude obsahovat 20x rozsah minima a maxima zjištěného v části 7.1.1 část 3) a k nim přiřazené hodnoty nahrazující názvy fází.

Do prvního řádku a do prvních dvou buněk (A1,B1) zapíšeme názvy sloupců, například den a hodnota. Ve sloupci den vytvoříme 20x řadu čísel (20 zkoumaných let) od výše zjištěného minima po maximum (Obrázek 21).

U Třešně ptačí na stanici Holenice vytvoříme 20x osu od 91 po 306. Pro kontrolu můžeme ještě přidat další sloupec s informací o roce. Na Obrázku 23 vidíme dokument ve fázi před začátkem přidávání čísel do sloupce hodnota.

den	hodnota	rok
91		1992
92		1992
93		1992
x		1992
x		1992
x		1992
304		1992
305		1992
306		1992
91		1993
92		1993
93		1993
x		1993
x		1993
x		1993
304		1993
305		1993
306		1993

Obrázek 23: Ukázka tvorby osy v Excelu včetně přechodu mezi roky

Z Návodu pro činnost fenologických stanic zjistíme správné pořadí, ve kterém mají fáze postupně nastávat u vybraných dřevin. Na základě tohoto zjištění sestavíme číselník, kde každé fázi přiřadíme číslo od 1 až n, podle počtu fenofází. Pro upřesnění, fáze mohou u různých dřevin nastávat v jiném pořadí. Pro Třešň ptačí vypadá číselník následovně:

Číslo	Fáze
1	RA
2	BT
3	KK
4	LX
5	PF
6	ZP10
7	ZL100

Obrázek 24: Číselník pro fenofáze u Třešně ptačí

Po vytvoření číselníku začneme přiřazovat k jednotlivým dnům v roce (v tomto případě tedy ke dnům 91 – 306) číslo fáze ke dni kdy začala, až po den, než začíná fáze následující. Pokud následující fenofáze nenastala, přiřadíme číslo fáze pouze k jednomu konkrétnímu dni.

V roce 1992 nastala fáze rašení (ve vytvořeném číselníku č. 1) ve 104. dni v roce a interval k nástupu další fáze trval až do 111. dne. Ke dnům 104 – 111 přiřadíme číslo 1. Další fáze, butonizace (v našem číselníku č. 2), nastala 112. dne v roce a mezifázový

PETR KOLIČ: Vizualizace souvislostí mezi fenologickými a meteorologickými daty
ze stanice ČHMÚ Holenice

interval trval až po 126. den v roce. K těmto dnům přiřadíme číslo 2. Tímto způsobem pokračujeme, až do poslední fáze. Ukončením řady je den, kdy nastala poslední fáze. V roce 1992 to byl den 293. Tomuto dni přiřadíme číslo 7. Nyní máme hotovou datovou řadu pro rok 1992 (Obrázek 25). Stejný postup opakujeme i pro další roky (1993 – 2011). Po ukončení práce v Excelu uložíme soubor jako CSV. Vytvoření podkladu pro jednu mapu trvá tímto způsobem zhotoviteli přibližně 35 minut.

den	hodnota										
91		128	3	164	5	200	6	237	6	276	6
92		129	3	165	5	201	6	238	6	277	6
94		130	3	166	5	202	6	239	6	278	6
93		131	3	167	5	203	6	240	6	279	6
95		132	3	168	5	204	6	241	6	280	6
96		133	3	169	5	205	6	242	6	281	6
97		134	3	170	5	206	6	243	6	282	6
98		135	3	171	5	207	6	244	6	283	6
99		136	3	172	5	208	6	245	6	284	6
100		137	3	173	5	209	6	246	6	285	6
101		138	3	174	6	210	6	247	6	286	6
102		139	3	175	6	211	6	248	6	287	6
103		140	3	176	6	212	6	249	6	288	6
104	1	141	3	177	6	213	6	250	6	289	6
105	1	142	3	178	6	214	6	251	6	290	6
106	1	143	3	179	6	215	6	252	6	291	6
107	1	144	3	180	6	216	6	253	6	292	6
108	1	145	4	181	6	217	6	254	6	293	7
109	1	146	4	182	6	218	6	255	6	294	
110	1	147	4	183	6	219	6	256	6	295	
111	1	148	4	184	6	220	6	257	6	296	
112	2	149	4	185	6	221	6	258	6	297	
113	2	150	4	186	6	222	6	259	6	298	
114	2	151	4	187	6	223	6	260	6	299	
115	2	152	4	188	6	224	6	261	6	300	
116	2	153	4	189	6	225	6	262	6	301	
117	2	154	4	190	6	226	6	263	6	302	
118	2	155	4	191	6	227	6	264	6	303	
119	2	156	4	192	6	228	6	265	6	304	
120	2	157	4	193	6	229	6	266	6	305	
121	2	158	4	194	6	230	6	267	6	306	
122	2	159	5	195	6	231	6	268	6		
123	2	160	5	196	6	232	6	269	6		
124	2	161	5	197	6	233	6	270	6		
125	2	162	5	198	6	234	6	271	6		
126	2	163	5	199	6	235	6	272	6		
127	3					236	6	273	6		
								274	6		
								275	6		

Obrázek 25: Ukázka korektního souboru pro vytvoření heat map (Třešň ptačí, data pro rok 1992)

Zde je zobrazen korektní soubor pro vstup do RKWard. Vidíme přechody mezi fázemi a ukončení řady. Protože fenofáze nemusí vždy nastat, existují i další možnosti, jak v takovýchto případech postupovat. Řešení těchto případů je uvedeno v samostatné kapitole 7.2.

7.1.3 Práce v prostředí RKWard

1) Import skriptu pro tvorbu heat map do RKWard

Spustíme program RKWard (možno použít i jiné prostředí, které umožňuje práci s jazykem R, např. R-Studio, postup však bude jiný). Pomocí uživatelského prostředí naimportujeme vytvořený skript pro tvorbu heat map (záložka Open – Open R Script File).

```
library(reshape2)      #import knihoven
library(ggplot2)
library(ggthemes)

data <- read.csv2("holenice_tresen.csv", header = TRUE, sep = ";", quote="", dec=",", fill = TRUE) #uložení obsahu z tabulky do proměnné "data"

minimum = min(data$cielo) #nastavení minimální hodnoty z proměnné "data"
maximum = max(data$cielo) #nastavení maximální hodnoty z proměnné "data"

x <- minimum:maximum      #nastavení rozsahu pro osu X
y <- 1992:2011             #nastavení rozsahu pro osu Y
z <- matrix(data$hodnota, nrow=length(x), byrow=FALSE) #vytvoření matice z dat uložených v proměnné "data" ve sloupci hodnota
rownames(z) <- x          #nastavení popisu osy X
colnames(z) <- y          #nastavení popisu osy Y

z <- as.data.frame(z)      #datový rámec
z$x <- x
z$y <- y

# Příprava datového rámce pro tvorbu heatmapy
df_heatmap = melt(z, id.vars="x")
head(df_heatmap)
names(df_heatmap)=c("Den", "Rok", "Parametr")

df_heatmap$Den = as.factor(df_heatmap$Den)
df_heatmap$Rok = as.factor(df_heatmap$Rok)

colfunc <- colorRampPalette(c("light blue", "blue")) # nastavení barevné palety pro zobrazení barev v heat map

jpeg(file = "tresen_holenice.jpg", width = 1280, height = 780, units = "px") #definice formy výstupu - jpeg file

ggplot(df_heatmap, aes(Den, Rok)) + #oblast grafu
  theme_base() +
  xlab("Den nástupu fenofáze") + #popis osy X
  geom_tile(aes(fill = Parametr)) +
  ggtitle("Přehled nástupu fenofází u Třešně ptačí v letech 1992 – 2011 na stanici Holenice") + #nadpis grafu
  scale_x_discrete(breaks = seq(90,360,10)) + #nastavení měřítka pro osu X
  scale_y_discrete(breaks = seq(1992,2011,1)) + #nastavení měřítka pro osu Y
  theme(legend.title = element_text(size = 14), #definování stylů a velikosti textu
        legend.text = element_text(size = 12),
        legend.margin = margin(),
        legend.key.height = unit(4,"cm"),
        plot.background = element_blank(),
        panel.background = element_rect(fill = "transparent", colour = "grey50"),
        panel.border = element_blank(),
        plot.title = element_text(size = 12, face = "bold", hjust = 0.5),
        axis.title = element_text(size=12),
        axis.text.x = element_text(angle = 90, hjust = 1)) +
  labs(fill = "Číslo fenofáze") + # popis legendy
  scale_fill_gradientn(colours = colfunc(7), na.value = "transparent") #nastavení počtu barev ve škále - přizpůsobit podle počtu fenofází

dev.off()
```

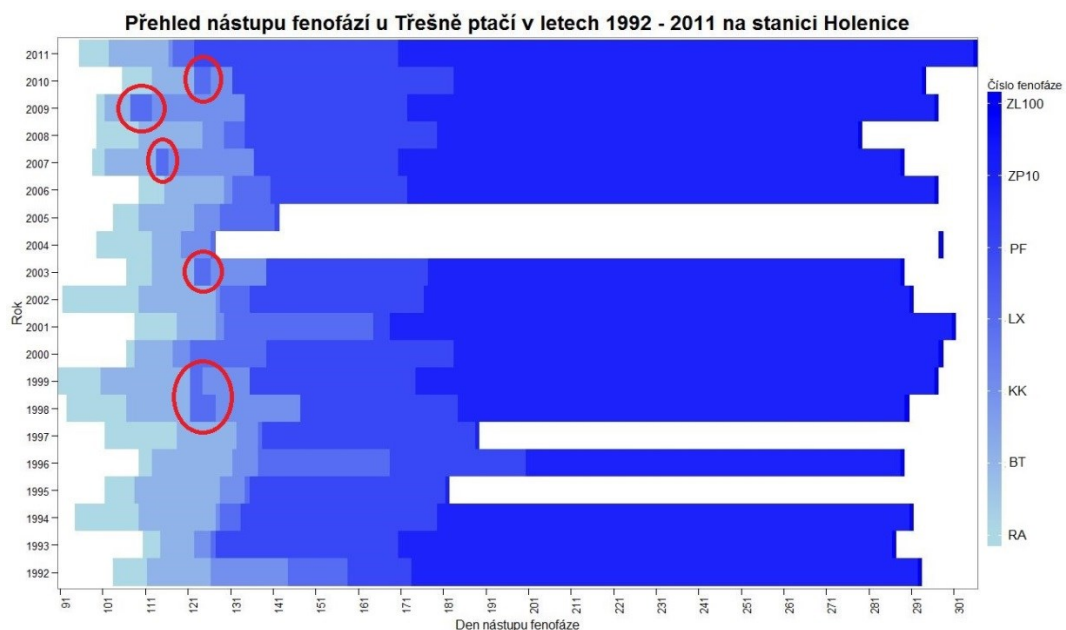
Obrázek 26: Skript pro vytvoření heat map

2) Vytvoření heat map

Jako první je nutné nastavit pracovní prostor, ve kterém se nachází jednotlivé soubory pro zpracování. Záložka Workspace – Set Working Directory. Nastavíme cestu ke složce se soubory a potvrdíme. Pro ověření, že máme pracovní prostor správně nastaven, napíšeme *getwd()* do konzole a spustíme. Výsledkem je výpis cesty ke složce s pracovním prostorem. Dále můžeme spouštět jednotlivé řádky skriptu ručně tak, že myší klikneme na řádek, kde chceme pracovat a současně stisknutím tlačítek CTRL a ENTER se provede operace na zvoleném řádku. Je možné spustit celý skript najednou pomocí ovládacího tlačítka *Run ALL*. Jednotlivé řádky kódu znamenají:

- První řádek je načtení knihoven.
- Vytvoříme proměnnou *data*, do které načteme naši dříve vytvořenou tabulku.
- Z proměnné *data* si zjistíme rozsah osy X.
- Z proměnné *data* si zjistíme rozsah osy Y.

- Vektor Z se vytvoří příkazem matrix, ten přetransformuje data do matice, ze které v posledním kroku vznikne heat mapa (data = název naimportovaného souboru, hodnota = název sloupce, kde se nachází nahrazená čísla za fenofáze).
- Dále definujeme popis pro osu X.
- Následuje definice popisu pro osu Y.
- Definujeme datový rámec včetně definování dat pro tvorbu heat map.
- Nastavení barevné škály.
- Poslední řádky nám definují uložení souboru do JPEG a jeho rozlišení včetně popisů všech os a nadpisu heat mapy (v main přepíšeme název stanice podle tabulky, kterou zpracováváme).



Obrázek 27: Heat map pro Třešň ptačí na stanici Holenice s vyznačenými odchylkami v nástupech fází

Po vytvoření jsou jednotlivé fáze v legendě zaznamenány jako čísla 1 – 7. Pro přehlednost byly poté přepsány ručně na názvy fází, aby byl příklad jednoznačný. Za pomoci vytvořené heat mapy jsme schopni identifikovat odchylky v nástupu jednotlivých fází a dále se pak zaměřit na rok, kterého se to týká. V této vytvořené heat mapě si můžeme všimnout nehomogenit například v letech 1998, 1999, 2003, 2007, 2009, 2010, kdy nastala fáze LX (plné olistění) před KK (konec kvetení). Je možné si pro tyto roky vypsát charakteristiku klimatických dat, která máme k dispozici a pokusit se identifikovat příčinu této odchylky. Ruční postup tvorby heat map je zdoluhavý, proto byl zautomatizován. Postup automatického zpracování je uveden v kapitole 7. 3. Pokud nebude uživateli vyhovovat zvolená paleta barev, má možnost si ve skriptu barevnou paletu změnit. Pro ukázkou vkládám heat mapu s jinou zvolenou barevnou paletou jako Přílohu 7.

7.2 Řešení problémových případů

V následující kapitole jsou uvedeny příklady komplikací, které se řešily při tvorbě heat map v rámci této diplomové práce. K zjištěnému problému je vždy uvedeno jeho řešení.

1) Pokud dvě fenofáze nastaly v jeden den

V tomto případě se řídíme podle pořadí fenofází, které jsou uvedeny pro konkrétní dřevinu v Návodu pro fenologickou činnost.

ID_FAZE	HODNOTA
RA	102
BT	109
KK	129
LX	135
PF	135
ZP10	182

Obrázek 28: Situace, kdy nastávají fenofáze v jeden den (Třešň ptačí, rok 1995, stanice Holenice)

Při této situaci, kdy fenofáze LX(4) a PF(5) nastaly v jeden den, budeme doplňovat hodnoty: Den 129 až 134 = 3, den 135 = 4, den 136 až 182 = 5

.....33333455555.....

2) Pokud následující fenofáze nenastala a nastala až ta poslední

RA	100
BT	113
KK	120
LX	127
ZL100	298

Obrázek 29: Situace, kdy následující fenofáze nenastala a nastala až poslední (Třešň ptačí, rok 2004, stanice Holenice)

Při této situaci, kdy nastala fenofáze LX(4) a fenofáze PF(5) a ZP10(6) nenastaly, budeme doplňovat hodnoty:33333334.....7. Přiřazena je následně až poslední nastávající fáze. Den 120 až 126 = 3, den 127 = 4 a poslední den 298 = 7.

3) Pokud následující fenofáze nenastala, ale další pak ano

ID_FAZE	HODNOTA
RA	93
BT	114
KK	126
LX	132
ZP10	207
ZL100	287

Obrázek 30: Situace, kdy následující fenofáze nenastala a další pak ano (Bříza bělokorá, rok 1997, stanice Holenice)

Při této situaci, kdy nastala fenofáze LX(4), fenofáze PF(5) chybí a fenofáze ZP10(6) opět nastala, doplníme hodnoty:333334.....66666667. Den 126 až 131 = 3, den 132 = 4, den 207 až 286 = 6 a den 287 = 7.

4) Extrémní případy, kdy nastane málo fenofází

ID_FAZE	HODNOTA
RA	100
LX	141
ZL100	293

Obrázek 31: Situace, kdy chybí více fenofází (Bříza bělokorá, rok 1992, stanice Holenice)

Zde přiřadíme ke dni 100 číslo 1, ke dni 141 číslo 4 a ke dni 293 číslo 7

1.....4.....7

5) Pokud nastaly 2 fenofáze v jeden den a následující fenofáze nenastala

ID_FAZE	HODNOTA
RA	117
BT	118
LX	130
KK	130
ZL100	300

Obrázek 32: Situace, kdy 2 fenofáze nastaly v jeden den a následující fenofáze nenastala (Dub letní, rok 2003, stanice Holenice)

Při této situaci, kdy nastala fenofáze LX(3) a fenofáze KK (4) v jeden den a chybí fenofáze PF(5) a ZP10(6) a poslední fenofáze ZL100 (7) opět nastala, doplníme hodnoty:22234...7. Den 118 až 129 = 2, den 130 = 3, den 131 = 4 a den 300 = 7.

6) Pokud se fenofáze předbíhají a následující fenofáze nenastala a nastala až ta další (nebo už žádná další nenastala)

RA	111
BT	117
LX	130
KK	136

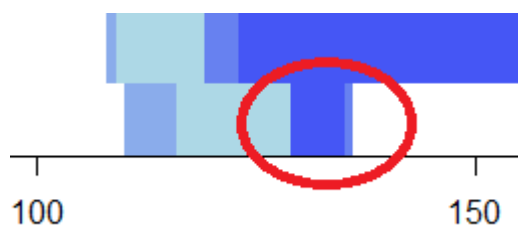
Obrázek 33: Fenofáze se předbíhají a následující nenastala (Bříza bělokorá, rok 1992, stanice Běleč nad Orlicí)

V této ukázkové situaci nastala fenofáze LX(4) před KK(3). Následující fenofáze už nenastaly. Tento typ problému je ve vytvořené heat mapě jasně identifikovatelný.



Obrázek 34: Detekovaná chyba v heat mapě při automatickém vytvoření souboru

Pokud takovýto případ ve vytvořené heat mapě zaregistrujeme, necháme si z databáze vypsat nastalé fáze v daném roce a porovnáme rok ve vytvořeném souboru se skutečnými hodnotami. Data budou ve formátu: 22224.....3.....6667, což je špatně. Správně to má být: 2222444443.....6667. Při automatickém vytváření heat map se hodnoty doplní nekorektně a je nutná následná ruční oprava. Do prázdného místa mezi fázemi ručně doplníme požadovanou hodnotu (v tomto případě číslo 4). Po úpravě tohoto souboru následně spustíme skript v RKWard a výsledná mapa bude vyhotovená korektně.



Obrázek 35: Heat map po opravení problému při automatickém zpracování

Výše uvedené problémové případy se podařilo při zpracování heat map v této práci identifikovat a kromě posledního případu jsou v automatickém zpracování ošetřeny. Při zpracování dat jiných dřevin a stanic je možné, že se objeví ještě další problémové případy, zde nepopsané.

7.3 Automatické vytvoření podkladu pro heat map

Protože ruční tvorba heat map je poměrně zdlouhavá (pokud ji chceme vytvořit pro více let a pro více stanic), byl tento proces zautomatizován. Pro psaní programového kódu bylo použito prostředí NetBeans IDE 8.0.2. Kód byl napsán v jazyce Java. Při vytváření kódu se musely ošetřit všechny výše popsané problémy. Po testování se podařilo vyřešit vše, kromě jednoho výše zmíněného případu. Po spuštění napsaného kódu se nám vytvoří soubor ve formátu CSV, který můžeme naimportovat do prostředí RKWard. Dále pokračujeme v postupu od kapitoly 7.1.3. Díky zautomatizování procesu jsme nyní schopni (za předpokladu, že máme v databázi vytvořené tabulky a máme funkční skript), vytvořit heat mapu v poměrně krátkém čase (přibližně 5 minut).

Skript pro automatické vytvoření podkladu přikládám na CD jako přílohu k diplomové práci. Šest vytvořených heat map pro zkoumané dřeviny jsou uvedeny jako přílohy 1 – 6 v této práci.

V rámci zpracování dat byly vytvořeny heat mapy pro Břízu bělokorou a Vrbu jívu pro všechny stanice, na kterých jsou tyto dřeviny pozorovány, protože mají stejnou posloupnost nástupu fenofází. Výsledné heat mapy byly rozděleny do 5 kategorií podle nadmořské výšky stanice (0 – 200, 201 – 400, 401 – 600, 601 – 800 a nad 800 m n. m.), na které se dřeviny nacházejí. Bylo tak možné zjistit rozdíly v nástupu fenofází jednotlivých rostlin na jednotlivých stanicích. Po vizuálním posouzení vytvořených heat map nebyla nalezena významná závislost nástupu fenofází na nadmořské výšce stanic. Vytvořené heat mapy pro toto porovnání jsou jako přílohy uloženy na CD.

8 FENOLOGIE V GOOGLE EARTH

Na základě znalostí z výuky bylo pro další možnost vizualizace fenologických dat zvoleno prostředí Google Earth s využitím XSLT transformace. Pokud chceme použít tento typ vizualizace, připravíme potřebná data, která vyexportujeme do formátu XML za pomoci SQL Developeru a jazyka SQL. Speciálně pro tento typ vizualizace byla připravena v databázi nová tabulka. V tabulce jsou data pro všechny zkoumané dřeviny a jejich fáze, které nastaly v roce 1992. Z důvodu korektního zobrazení musí být jednotlivé dřeviny určeny zeměpisnými souřadnicemi. (Obrázek 36).

NAZEV_STROMU	FAZE	DATUM_ZAC	MISTO	DATUM_KON	SOURADNICE_E	SOURADNICE_N
Třešeň Ptačí	RA	1992-04-13	Holenice	1992-04-20	15.30561111	50.53020278
Třešeň Ptačí	PF	1992-06-07	Holenice	1992-06-21	15.30561111	50.53020278
Třešeň Ptačí	ZL100	1992-10-19	Holenice	1992-12-01	15.30561111	50.53020278
Třešeň Ptačí	ZP10	1992-06-22	Holenice	1992-10-18	15.30561111	50.53020278
Třešeň Ptačí	LX	1992-05-24	Holenice	1992-06-06	15.30561111	50.53020278
Třešeň Ptačí	BT	1992-04-21	Holenice	1992-05-05	15.30561111	50.53020278
Třešeň Ptačí	KK	1992-05-06	Holenice	1992-05-23	15.30561111	50.53020278
Vrba jíva	BT	1992-03-02	Holenice	1992-04-09	15.30251389	50.52939167
Vrba jíva	RA	1992-04-10	Holenice	1992-04-26	15.30251389	50.52939167
Vrba jíva	KK	1992-04-27	Holenice	1992-05-20	15.30251389	50.52939167
Vrba jíva	LX	1992-05-24	Holenice	1992-12-01	15.30251389	50.52939167
Dub letní	LX	1992-06-01	Holenice	1992-11-01	15.305775	50.530194
Dub letní	RA	1992-04-28	Holenice	1992-05-31	15.305775	50.530194
Dub letní	ZL100	1992-11-02	Holenice	1992-12-01	15.305775	50.530194
Bříza bělokorá	ZL100	1992-10-19	Holenice	1992-12-01	15.30233056	50.52909444
Bříza bělokorá	LX	1992-05-20	Holenice	1992-10-18	15.30233056	50.52909444
Bříza bělokorá	RA	1992-04-09	Holenice	1992-05-19	15.30233056	50.52909444
Bez černý	LX	1992-05-28	Holenice	1992-06-24	15.30194444	50.53055556
Bez černý	BT	1992-05-06	Holenice	1992-05-27	15.30194444	50.53055556
Bez černý	PL10	1992-03-25	Holenice	1992-05-05	15.30194444	50.53055556
Bez černý	KK	1992-06-25	Holenice	1992-06-29	15.30194444	50.53055556
Bez černý	OL100	1992-10-25	Holenice	1992-12-01	15.30194444	50.53055556
Bez černý	ZP10	1992-08-13	Holenice	1992-10-24	15.30194444	50.53055556
Bez černý	PF	1992-06-30	Holenice	1992-08-12	15.30194444	50.53055556
Líska obecná	LX	1992-05-29	Holenice	1992-09-13	15.30526667	50.53013333
Líska obecná	ZP10	1992-09-14	Holenice	1992-10-18	15.30526667	50.53013333
Líska obecná	ZL100	1992-10-19	Holenice	1992-12-01	15.30526667	50.53013333

Obrázek 36: Ukázka tabulky připravené k exportu do XML

Takto připravenou tabulku si vyexportujeme do požadovaného formátu (XML). V prostředí SQL Developeru klikneme pravým tlačítkem na tabulku, zvolíme *export*. Odškrtneme volbu *Export DLL*. V záložce *Format*: zvolíme XML. V záložce *Save as* zvolíme, kam se má soubor uložit. Pokračujeme stisknutím tlačítka *Další*, poté opět *Další* a *Dokončit*. Výsledkem je tabulka uložená ve formátu XML (Obrázek 37).

PETR KOLIČ: Vizualizace souvislostí mezi fenologickými a meteorologickými daty ze stanice ČHMÚ Holenice

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8' ?>
<RESULTS>
  <ROW>
    <COLUMN NAME="ID_STROMU"><![CDATA[1]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="NAZEV_STROMU"><![CDATA[Třešeň Ptačí]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="FAZE"><![CDATA[RA]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_ZAC"><![CDATA[1992-04-13]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="MISTO"><![CDATA[Holenice]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_KON"><![CDATA[1992-04-20]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_E"><![CDATA[15.3056111]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_N"><![CDATA[50.53020278]]></COLUMN>
  </ROW>
  <ROW>
    <COLUMN NAME="ID_STROMU"><![CDATA[1]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="NAZEV_STROMU"><![CDATA[Třešeň Ptačí]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="FAZE"><![CDATA[BT]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_ZAC"><![CDATA[1992-04-21]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="MISTO"><![CDATA[Holenice]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_KON"><![CDATA[1992-05-05]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_E"><![CDATA[15.3056111]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_N"><![CDATA[50.53020278]]></COLUMN>
  </ROW>
  <ROW>
    <COLUMN NAME="ID_STROMU"><![CDATA[1]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="NAZEV_STROMU"><![CDATA[Třešeň Ptačí]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="FAZE"><![CDATA[KK]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_ZAC"><![CDATA[1992-05-06]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="MISTO"><![CDATA[Holenice]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_KON"><![CDATA[1992-05-23]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_E"><![CDATA[15.3056111]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_N"><![CDATA[50.53020278]]></COLUMN>
  </ROW>
  <ROW>
    <COLUMN NAME="ID_STROMU"><![CDATA[1]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="NAZEV_STROMU"><![CDATA[Třešeň Ptačí]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="FAZE"><![CDATA[LX]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_ZAC"><![CDATA[1992-05-24]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="MISTO"><![CDATA[Holenice]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_KON"><![CDATA[1992-06-06]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_E"><![CDATA[15.3056111]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_N"><![CDATA[50.53020278]]></COLUMN>
  </ROW>
  <ROW>
    <COLUMN NAME="ID_STROMU"><![CDATA[1]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="NAZEV_STROMU"><![CDATA[Třešeň Ptačí]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="FAZE"><![CDATA[PF]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_ZAC"><![CDATA[1992-06-07]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="MISTO"><![CDATA[Holenice]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="DATUM_KON"><![CDATA[1992-06-21]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_E"><![CDATA[15.3056111]]></COLUMN>
    <COLUMN NAME="SOUDADNICE_N"><![CDATA[50.53020278]]></COLUMN>
  </ROW>

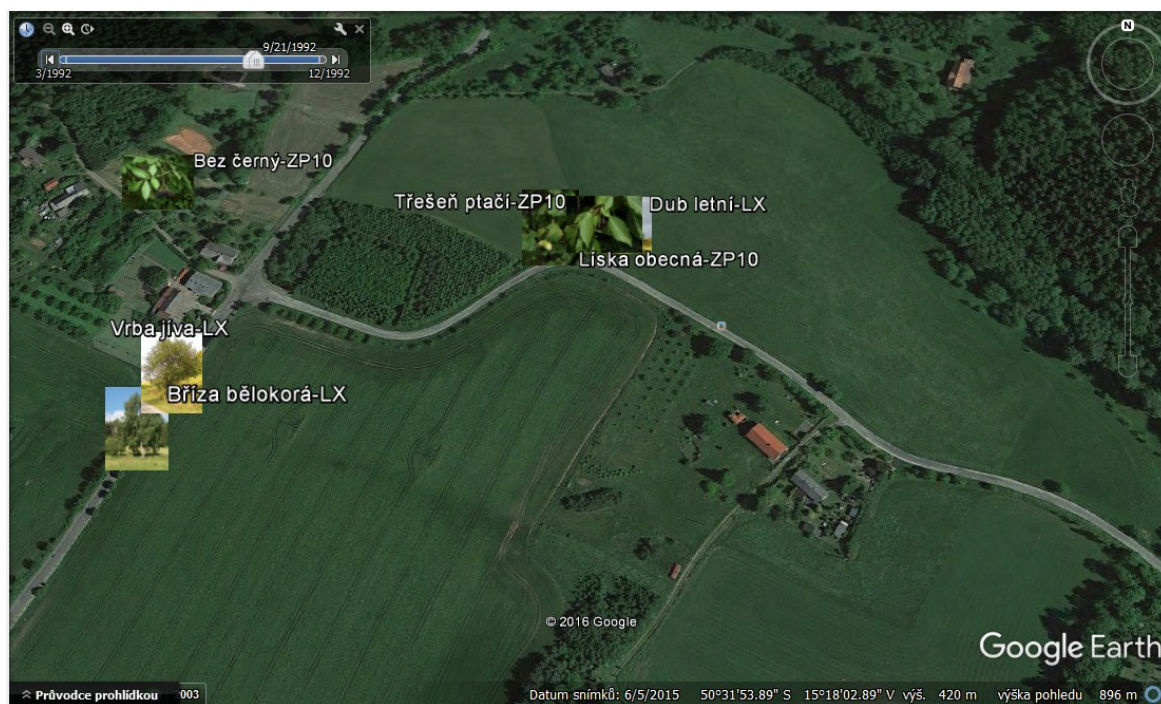
```

Obrázek 37: Vyexportovaná tabulka v XML

Po zjištění struktury vygenerovaného XML dokumentu se přešlo k tvorbě transformace. Prvním krokem bylo vytvoření stylů pro každý typ fáze. To znamená, že pokud se má zobrazit fáze rašení, bude jí přiřazen obrázek pro rašení. Pokud má nastat butonizace, přiřadí se jí obrázek pro butonizaci, atd. Následně se pomocí cyklu *for each* prochází data a zkoumá se, jaká fáze právě nastává. To se určí podle data nástupu a data ukončení fáze. Po identifikaci fáze je přiřazen k fázi styl.

Abychom mohli transformaci provést, musíme k tomu mít následující části: soubor v XML formátu, transformační soubor v XSL formátu a XSLT procesor Saxon. Dva výše zmíněné soubory a Saxon musíme mít v jedné složce. Provedení transformace spočívá v tom, že si spustíme příkazový řádek (start – příkaz *cmd* a klávesou *ENTER* spustíme). Pokud nejsme přímo ve složce se soubory, pomocí příkazu *cd název adresáře* se přesuneme do složky s daty. Nyní napíšeme řádek kódu, ve kterém definujeme, že spouštíme soubor s příponou JAR. Následuje soubor s příponou XML, poté soubor s příponou XSL (vytvořený skript je jako příloha uložen na CD) a nakonec zadáme název a v jakém formátu se má výstup uložit. V našem případě řádek kódu vypadá následovně: *java -jar saxon9he.jar data.xml styl.xsl -o:vizualizace.kml*. Výstup uložíme do formátu KML, který Google Earth podporuje. Vytvořený soubor importujeme do Google Earth a prohlédneme si výslednou vizualizaci.

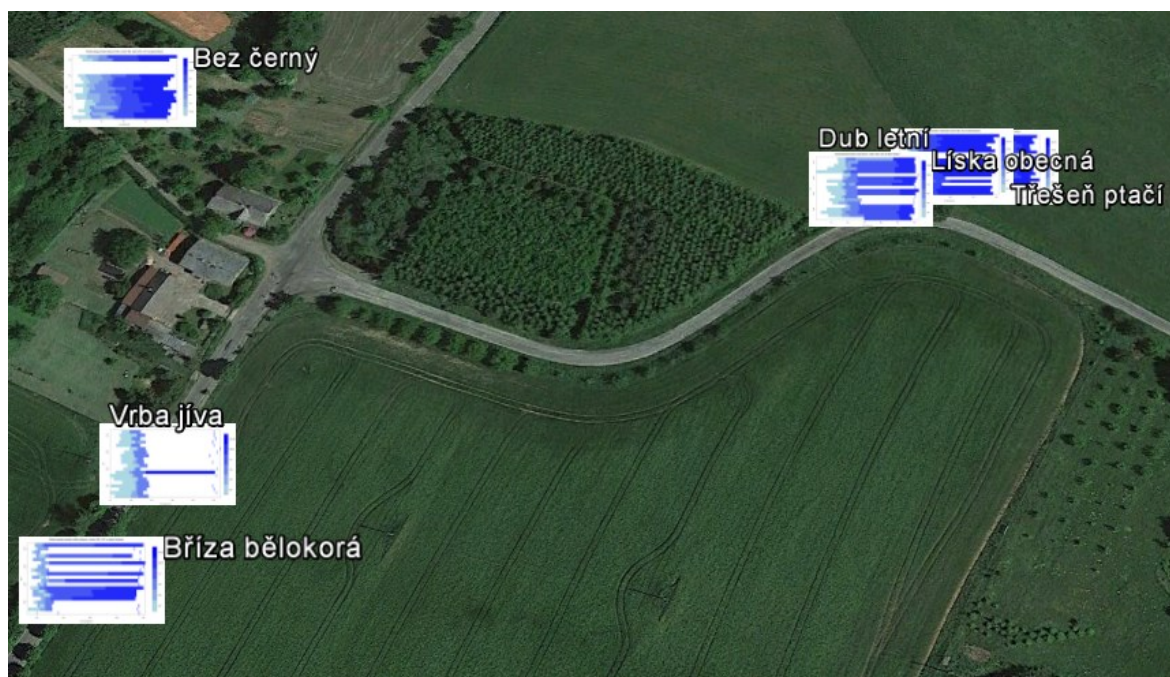
Díky této transformaci byla vytvořena animace, která ukazuje, kdy jednotlivé fenofáze u zkoumaných dřevin na stanici Holenice postupně nastávají. Animaci máme možnost zastavit a libovolně s časovou osou manipulovat. Zobrazí se vždy poslední rozeznaná fáze a její zobrazení se změní až s nástupem fáze další.



Obrázek 38: Zobrazení fenologických fází v prostředí Google Earth

Na obrázku je ukázka pouze statického zobrazení v prostředí Google Earth. V levé horní části obrázku je uvedena výše zmiňovaná časová osa, která slouží pro spuštění animace a pro její ruční ovládání. Na Obrázku 38 jsou zachyceny poslední rozpoznané fáze k datu 21. 9. 1992.

Animaci nastávajících fenofází můžeme nahradit statickými obrázky. Například můžeme použít vytvořené heat mapy. Tím můžeme vidět proměnlivost mezifázových intervalů u všech zkoumaných dřevin na stanici najednou (Obrázek 39).



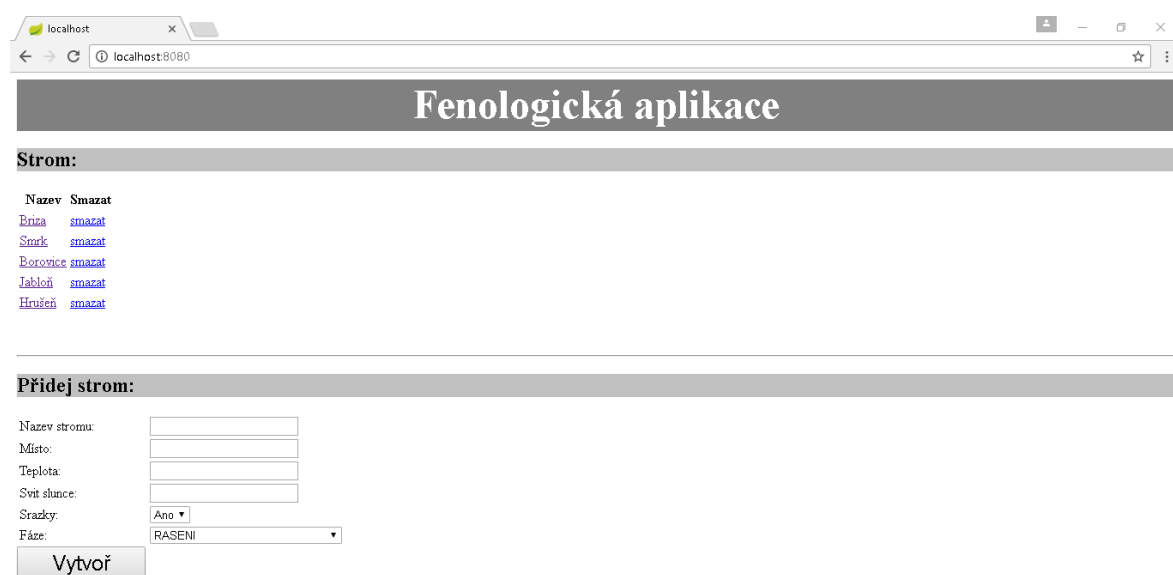
Obrázek 39: Vizualizace heat map v prostředí Google Earth

Využitím heat map lze identifikovat odchylky v nástupu jednotlivých fenofází. V důsledku vytvořeného skriptu pro tvorbu heat map a napsané XSLT transformace máme k dispozici další nástroj pro vizualizaci a zkoumání mezifázových intervalů.

9 VOLNĚ DOSTUPNÁ APLIKACE PRO FENOLOGII

Jednou z možností popularizace fenologie je využití prostředí internetu. Hlavní myšlenkou bylo dát laické veřejnosti prostor, kam by mohla ukládat informace o vlastních stromech a mohla na základě dat od ostatních uživatelů pozorovat kde, kdy a jaká fáze právě u jednotlivých stromů nastává. Prvním krokem byla snaha zprovoznit tuto aplikaci nad SŘBD Oracle. Propojení se nepodařilo zprovoznit a z tohoto důvodu bylo nakonec zvoleno připojení přes pgAdmin a prostředí SŘBD PostgreSQL. Zprovoznění tohoto připojení bylo funkční.

Při vstupu do aplikace je možné vidět seznam všech stromů uložených v databázi (Obrázek 40). Na této úvodní straně máme možnost buď vytvořit nový záznam pro nově pozorovaný strom, nebo stávající záznamy o stromech upravit nebo smazat. Jako atributy při zadávání nových stromů je možné zadat souřadnice stromu, aktuální datum, informaci o právě nastalé fenofázi, záznam o tom, zda se ten den vyskytovaly srážky, informaci o přibližné době denního svitu, o teplotě, atd. Aplikace je přiložena na CD jako příloha. Je však nutné si stáhnout a zprovoznit pgAdmin a vytvořit databázi.



Obrázek 40: Ukázka hlavní obrazovky při spuštění aplikace

10 ZKOUMÁNÍ ZÁVISLOSTÍ MEZI DATY

V literárním přehledu, v práci E. Fleischhandla [21], byla možnost seznámit se s výsledky práce zkoumání teploty, kde autor zpracovává sumy aktivních teplot a počet dní nad prahovou hodnotou (například počet dní, ve kterých byla průměrná denní teplota větší než 3°C). Jak bylo možné vidět na Obrázku 19, tyto hodnoty pro následnou analýzu je možné vytvořit díky datům uloženým v databázi.

Prvním krokem bylo vytvoření potřebných dat pro analýzu. Zkoumáme závislost nástupu fáze butonizace na základě dat o teplotě a slunečním svitu u Dubu letního. Víme, kdy nastala fáze první (rašení), můžeme tedy zkoumat interval k fázi následující (butonizaci). Po vytvoření potřebného souboru, který vznikl výpisem dat z databáze a následným kopírováním do Excelu (tento postup byl zvolen kvůli přehlednosti v datech) bylo provedeno zjištění korelace nad daty o průměrné denní teplotě a slunečním svitu. Přesně se jedná o zkoumání korelace mezi délkou intervalu (počet dní), sumou doby slunečního svitu, sumou průměrných denních teplot, průměrnou hodnotou doby svitu a průměrnou teplotou. Roky 1992 a 1994 u Dubu letního v analýze z důvodů chybějící fenofáze butonizace chybí.

datum_RA	datum_BT	rok	počet_dní	suma_aktivních_teplot(°C)	prum_teplota(°C)	Korelační koeficient		
						počet_dní + suma	počet_dní + průměr	suma + průměr
26.4.	8.5.	1993	13	179,4	13,8	0,96	-0,39	-0,25
26.4.	15.5.	1995	20	192,3	9,6			
24.4.	15.5.	1996	22	241,8	11,0			
4.5.	16.5.	1997	13	194,6	15,0			
26.4.	2.5.	1998	7	105,0	15,0			
15.4.	5.5.	1999	21	190,0	9,1			
21.4.	23.4.	2000	3	27,6	19,2			
1.5.	30.4.	2001	2	38,5	19,3			
27.4.	1.5.	2002	5	53,4	10,7			
27.4.	28.4.	2003	2	23,7	11,9			
27.4.	3.5.	2004	7	96,1	13,7			
23.4.	11.5.	2005	19	197,9	10,4			
28.4.	28.4.	2006	1	7,9	7,9			
17.4.	22.4.	2007	6	55,3	9,2			
2.5.	6.5.	2008	5	58,0	11,6			
14.4.	14.4.	2009	1	14,4	14,4			
26.4.	1.5.	2010	6	84,0	14,0			
24.4.	24.4.	2011	1	13,8	13,8			

Obrázek 41: Korelační koeficienty pro zkoumanou teplotu

Z výsledných korelačních koeficientů je patrné, že *počet dní* a *suma teplot* mají mezi sebou silnou pozitivní závislost (0,96). To znamená, že s rostoucím počtem dní, se zvětšuje suma teploty. Závislost mezi *počtem dní* a *průměrnou teplotou* vyšla střední, negativní (-0,39), což znamená, že při zvětšujícím se počtu dní v intervalu se zmenšuje průměrná teplota v jednom dni. Korelace mezi *sumou teplot* a *průměrnou teplotou*

je střední, negativní (-0,25). To znamená, že se zvětšující se sumou aktivních teplot se snižuje průměrná teplota.

Následuje analýza stejného období nad daty o slunečním svitu.

datum_RA	datum_BT	rok	počet_dní	suma_svit(h)	prum_svit(h)	Korelační koeficient		
						počet_dní + suma	počet_dní + průměr	suma + průměr
26.4.	8.5.	1993	13	108,0	8,3	0,94	-0,37	-0,18
26.4.	15.5.	1995	20	115,6	5,8			
24.4.	15.5.	1996	22	97,3	4,4			
4.5.	16.5.	1997	13	99,2	7,6			
26.4.	2.5.	1998	7	48,7	7,0			
15.4.	5.5.	1999	21	145,5	7,0			
21.4.	23.4.	2000	3	33,6	11,2			
1.5.	30.4.	2001	2	24,1	12,1			
27.4.	1.5.	2002	5	30,0	6,0			
27.4.	28.4.	2003	2	6,7	3,4			
27.4.	3.5.	2004	7	51,0	7,3			
23.4.	11.5.	2005	19	101,0	5,3			
28.4.	28.4.	2006	1	2,9	2,9			
17.4.	22.4.	2007	6	59,3	9,9			
2.5.	6.5.	2008	5	35,7	7,1			
14.4.	14.4.	2009	1	12,3	12,3			
26.4.	1.5.	2010	6	44,5	7,4			
24.4.	24.4.	2011	1	9,9	9,9			

Obrázek 42: Data pro analýzu korelace u slunečního svitu

Vztah mezi *počtem dní do nástupu první fáze a sumou slunečního svitu* je na základě korelačního koeficientu 0,94 silný, pozitivní. To znamená, že s rostoucím počtem dní, se zvětšuje suma slunečního svitu. Toto zjištění jen potvrzuje logickou úvahu nad danou problematikou, že čím větší je počet dní ve zkoumaném intervalu (do nástupu první fáze), tím větší máme sumu slunečního svitu. Dále můžeme vidět, že korelační koeficient pro skupiny *počet dní a průměrná doba svitu* vyšel -0,37. Závislost je střední, negativní, což znamená, že při zvětšujícím se počtu dní v intervalu, se zmenšuje průměrná doba svitu v jednom dni. Jako poslední byla posouzena závislost mezi *průměrnou dobou svitu a sumou slunečního svitu*. Pro tuto skupinu dat vyšel korelační koeficient -0,18. Závislost je mírná, negativní. To znamená, že se zvětšující se sumou denního svitu se zmenšuje průměrná doba svitu. Stupnice pro rozřazení korelačních koeficientů byla převzata z [21].

Po výpočtu korelačních koeficientů pro zkoumanou skupinu dat jsem provedl tuto analýzu ještě jednou, avšak s upravenými daty u slunečního svitu. Pokud nastaly dvě zkoumané fáze v jeden den a máme tedy pouze jednu hodnotu, odstraníme ji. Totéž provedeme, pokud je interval dlouhý dva dny a průměrovaly by se jen dvě hodnoty. Hodnoty v těchto případech odstraníme z důvodu, proto, že u jedné hodnoty se nedá udělat průměr a pokud zprůměrujeme dvě hodnoty, může být vypočtený aritmetický průměr extrémní a tyto hodnoty mohou ovlivňovat výsledek korelace.

Po odstranění hodnot, kdy fáze nastaly v jeden den lze vidět, že se korelační koeficienty mírně změní. Pro vztah mezi *počtem dní a sumou slunečního svitu* na 0,93, pro *počet dní a průměrnou dobu svitu* na -0,43 a pro *průměrnou dobu svitu a sumu slunečního svitu* na -0,20. Pokud ovšem odstraníme i hodnoty zprůměrované ze dvou dnů, změní se korelační koeficienty (ve stejném pořadí) na 0,91, -0,63 a -0,35. Pro větší přehlednost jsou vypočtené korelační koeficienty zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 7: Porovnání korelačních koeficientů

Varianta výpočtu	počet_dní + suma	počet_dní + průměr	suma + průměr
všechny hodnoty	0,94	-0,37	-0,18
odstraněné hodnoty pro jeden den	0,93	-0,43	-0,20
odstraněné hodnoty pro dva dny	0,91	-0,63	-0,35

Na základě těchto zjištěných výsledků bylo poukázáno na fakt, že pro závislost mezi *počtem dní a sumou slunečního svitu*, se korelační koeficient, po odstranění nezprůměrovaných hodnot a dvou zprůměrovaných hodnot, změnil jen mírně. Vztah pro *počet dní a průměrnou dobu svitu* se změnil výrazně. Situace mezi *průměrnou dobou svitu a sumou slunečního svitu* se také výrazněji změnila. Dále je tedy na uvážení, s jak upravenými daty při těchto analýzách pracovat. Uvedené analýzy se týkaly zkoumání hodnot v intervalu mezi fázemi.

Dále byla provedena analýza pro 6 zkoumaných dřevin, na datech od začátku roku (1. leden) po den nástupu první fáze dané dřeviny. Výsledky této analýzy, v podobě korelačních koeficientů, jsou uvedeny v Tabulce 8 (data o teplotě) a v Tabulce 9 (data pro sluneční svit).

Tabulka 8: Analýza korelace nad daty o teplotě od začátku roku po nástup první fenofáze

Dřevina	První fáze	Korelační koeficient - teploty		
		Početdní+suma	Početdní+průměr	Suma+průměr
Třešeň ptačí	RA	-0,38	-0,05	0,30
Vrba jíva	BT	0,17	-0,06	0,69
Líska obecná	BT	0,09	-0,50	0,55
Dub letní	RA	0,09	-0,07	0,15
Bez černý	PL10	0,34	0,34	0,47
Bříza bělokorá	BT	0,32	0,17	0,49

V rámci této analýzy se pracovalo s daty o průměrné denní teplotě. Pro ukazatel *suma* se používaly sumy aktivních teplot (suma teplot ve zkoumaném intervalu, které jsou větší než 0 °C) a průměrná teplota ve zvoleném intervalu. Z výsledných korelačních

koeficientů je možné vyčíst, že pokud byla zkoumána závislost mezi *počtem dní do nástupu první fáze a sumou aktivních teplot*, jsou výsledné závislosti rozdílné. Pro Bez černý a Břízu bělokorou vyšla závislost střední, pozitivní. To znamená, že se zvětšujícím se počtem dní, stoupá suma aktivních teplot. U Třešně ptačí vyšla závislost střední, ale negativní. Z toho vyplývá, že se zvětšujícím se počtem dní, klesá suma aktivních teplot. Pro Vrba jívu vyšla závislost mírná, pozitivní. Následují výsledky pro Lísku obecnou a Dub letní, u kterých na základě provedené analýzy můžeme tvrdit, že počet dní do nástupu první fáze není sumou aktivních teplot ovlivněn.

Pokud se zaměříme na výsledky analýzy pro skupinu *počet dní do nástupu první fáze a průměrnou teplotu*, zjistíme, že pro Lísku obecnou je závislost silná, negativní. Zde s přibývajícím dnem do nástupu první fáze klesá průměrná teplota ve sledovaném intervalu. U Bezu černého je závislost střední, pozitivní, takže se zvětšujícím se počtem dní do nástupu první fáze se zvětšuje průměrná teplota ve sledovaném intervalu. Pro Břízu bělokorou vyšla závislost mírná, pozitivní. Dále pro Třešně ptačí, Vrba jívu a Dub letní vyšla závislost triviální, takže u těchto dřevin nemá na počet dní do nástupu první fáze vliv průměrná teplota ve sledovaném intervalu.

Zajímavé je také zjištění závislosti mezi *sumou efektivních teplot a průměrnou teplotou*. Zde se ukázala silná, pozitivní závislost mezi těmito proměnnými u Vrby jívy a Lísky obecné. Z toho vyplývá, že se zvětšující se sumou aktivních teplot se zvětšuje průměrná teplota. U Třešně ptačí, Bezu černého a Břízy bělokoré se ukázala závislost střední, také pozitivní. Pouze u Dubu letního je tato závislost mírná, ale také pozitivní. Následuje popis této analýzy pro sluneční svit.

Tabulka 9: Analýza korelace nad daty o slunečním svitu od začátku roku po nástup první fenofáze

Dřevina	První fáze	Korelační koeficient - sluneční svit		
		Početdní+suma	Početdní+průměr	Suma+průměr
Třešně ptačí	RA	0,54	0,34	0,97
Vrba jíva	BT	0,68	0,31	0,89
Líska obecná	BT	0,89	0,75	0,92
Dub letní	RA	0,38	0,19	0,98
Bez černý	PL10	0,33	0,20	0,96
Bříza bělokorá	BT	0,51	0,25	0,96

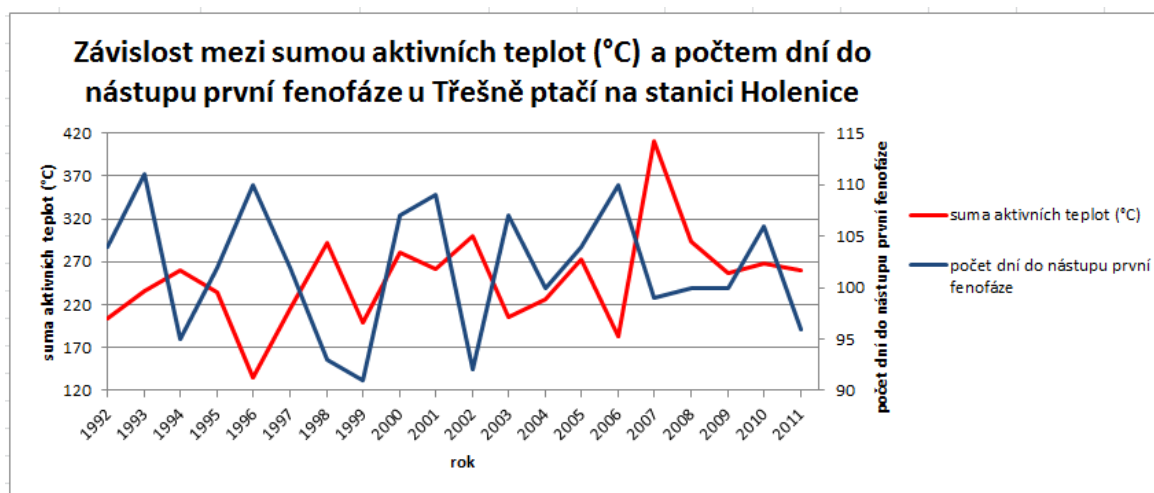
Po výpočtu korelačních koeficientů můžeme porovnat výsledky pro jednotlivé dřeviny. Při zkoumání závislostí mezi *počtem dní do nástupu první fáze a sumou slunečního svitu (v hodinách)* je největší pozitivní závislost u Lísky obecné. To znamená,

že počet dní do nástupu první fáze je silně ovlivněn sumou slunečního svitu. Na základě korelačních koeficientů pro tyto dvě proměnné se dá říci, že sluneční svit silně pozitivně ovlivňuje počet dní po nástup první fáze u Třešně ptačí, Vrby jívy, Lísky obecné a Břízy bělokoré. U Dubu letního a Bezu černého je závislost střední, pozitivní.

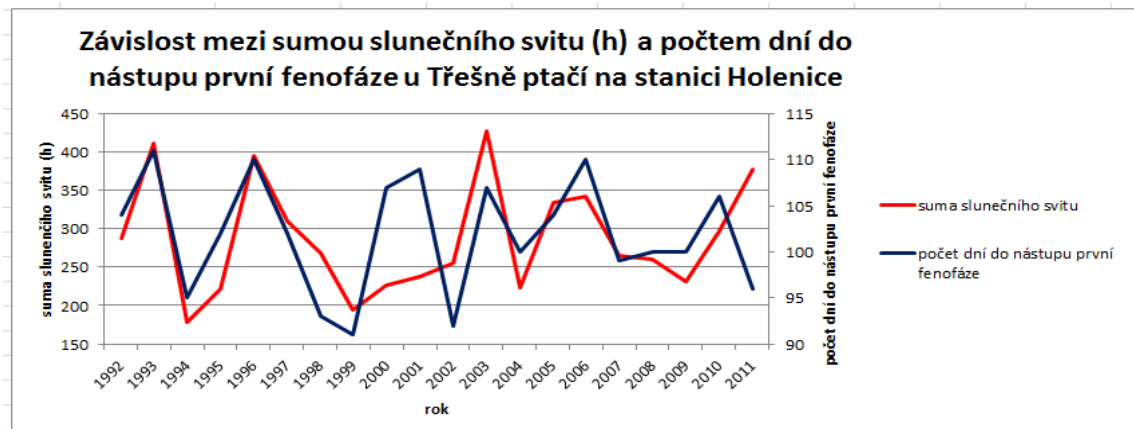
Korelační koeficienty, vyjadřující závislost mezi *počtem dní do nástupu první fáze* a *průměrnou dobou svitu (v hodinách)*, ukazují slabou až střední pozitivní závislost. Průměrná doba svitu při této analýze nepatrně ovlivňuje počet dní do nástupu první fáze. Pouze u Lísky obecné je závislost mezi těmito proměnnými silná, pozitivní.

Závislost mezi *sumou svitu* a *průměrnou dobou svitu* je ve všech případech silná, pozitivní. Tyto dvě veličiny spolu úzce souvisí.

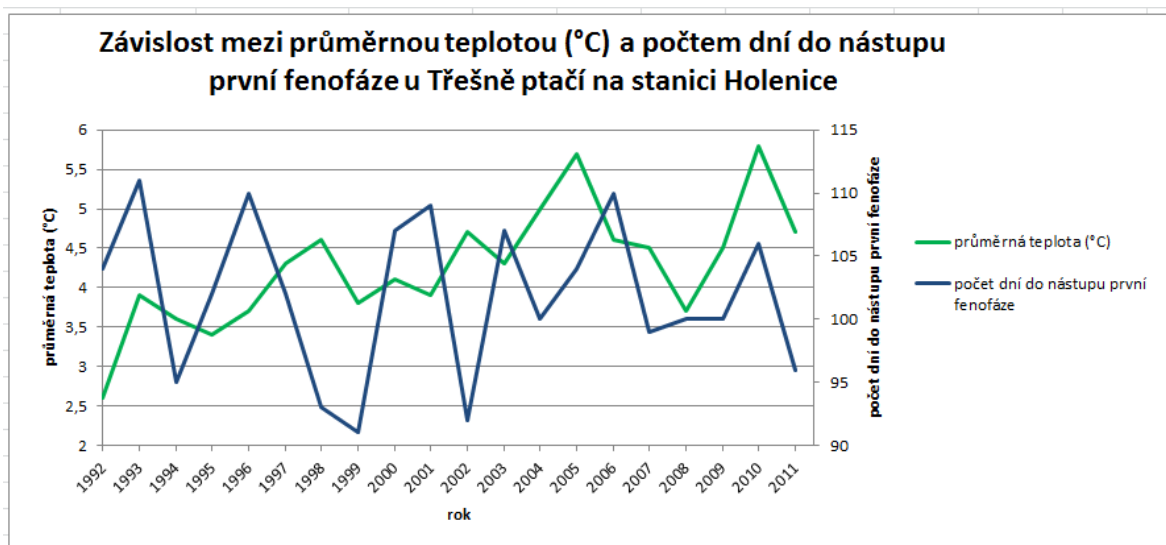
Díky této analýze bylo zjištěno, že pokud budeme zkoumat pouze období mezi jednotlivými fázemi, dostaneme jiné výsledky, než když budeme zkoumat situaci od počátku roku po nástup první fáze. Zjištěné korelační koeficienty byly vizualizovány formou tabulky (Tabulka 8, 9). Pro vizualizaci proměnných byly využity spojnicové grafy. Z Grafů 3 až 8 je vidět možná závislost v datech o teplotě a slunečním svitu u Třešně ptačí a potvrzení výsledků korelačních koeficientů.



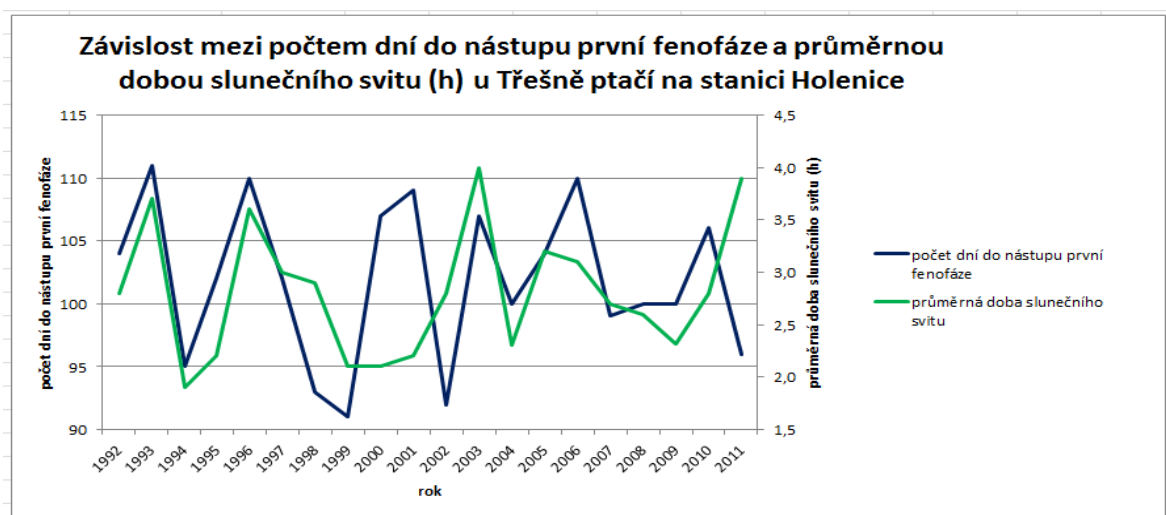
Graf 3: Vizualizace závislosti mezi sumou aktivních teplot a počtem dní do nástupu první fenofáze



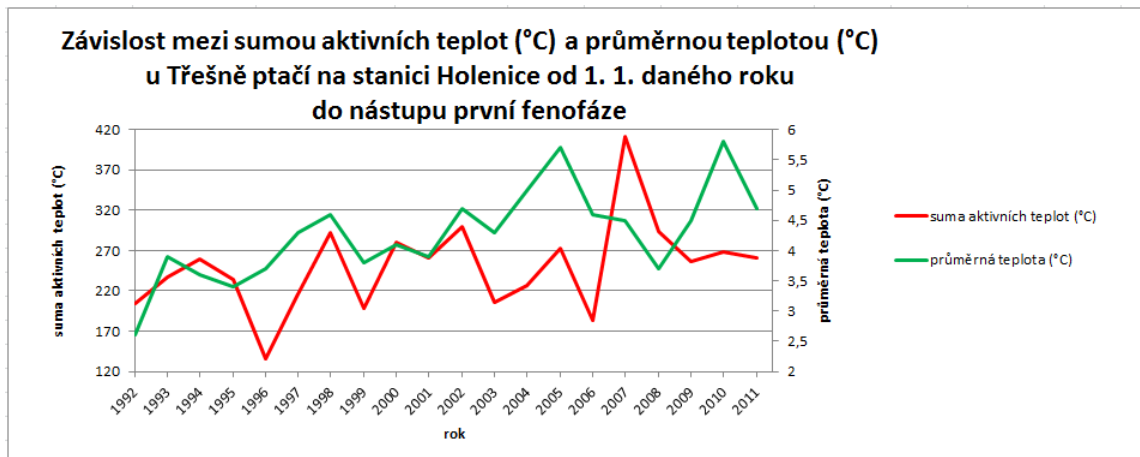
Graf 4: Vizualizace závislosti mezi sumou slunečního svitu a počtem dní do nástupu první fenofáze



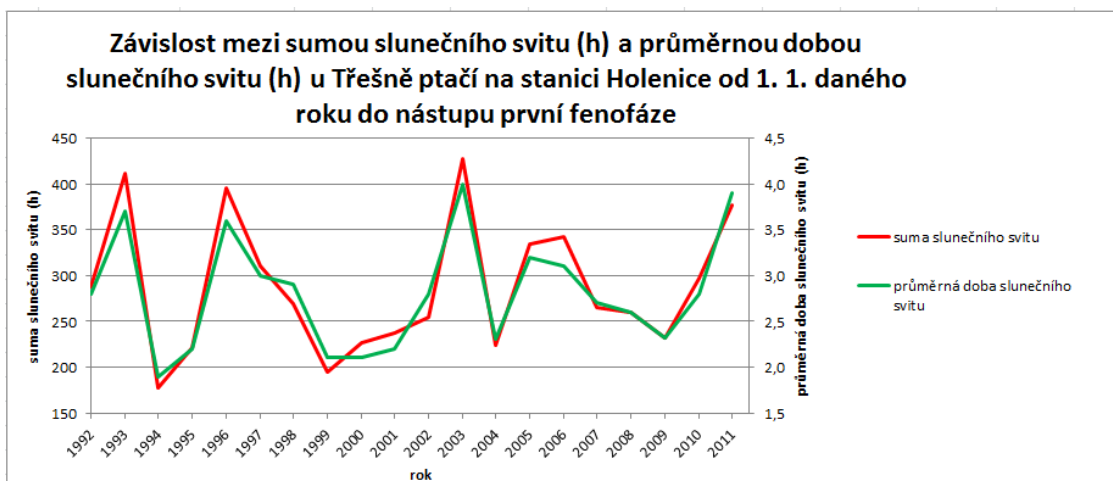
Graf 5: Vizualizace závislosti mezi průměrnou teplotou a počtem dní do nástupu první fenofáze



Graf 6: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze a průměrnou dobou slunečního svitu



Graf 7: Vizualizace závislosti mezi sumou aktivních teplot a průměrnou teplotou



Graf 8: Vizualizace závislosti mezi sumou slunečního svitu a průměrnou dobou slunečního svitu

Předešlé grafy byly vizualizací závislostí pro Třešň ptačí na stanici Holenice. Vizualizace závislostí pro ostatních pět zde zkoumaných dřevin jsou uvedeny jako příloha 8 – 27 v této diplomové práci.

11 ZÁVĚR

Náplní této diplomové práce bylo najít vzájemnou závislost mezi daty poskytnutými ČHMÚ k vybraným dřevinám a na základě vyhodnocení výsledků analýz naformulovat zjištěné závislosti. Tato data pak vhodně vizualizovat.

Poskytnutá fenologická data (soubory Excel) byla neúplná a pro další zamýšlené zpracování musela být doplněna a sjednocena do ucelené formy. V první fázi se data doplňovala na základě aritmetických průměrů. Tato metoda se ukázala jako nevhodná. Za spolupráce s ČHMÚ byla vytvořena metodika doplnění dat na základě mezifázových intervalů a poměrů. Konečná úprava dat byla vždy zaslána ke schválení ČHMÚ.

Přípravená data byla naimportována do vytvořeného databázového prostředí Oracle Database Express Edition 11g za použití SQL Developeru. Pracovat v tomto prostředí bylo požadavkem ČHMÚ. Při implementaci dat do databáze, byly příležitostně prováděny kontrolní dotazy, pro ověření korektnosti nahrávaných dat. Etapy sjednocení a doplnění dat, vytvoření struktury databáze a importování dat, tvořily podstatnou část této práce.

Po dokončení importu dat byly tvořeny dotazy pro výpis dat z databáze a vytvořeny potřebné návody pro základní analýzu dat. Výsledky analýz se vizualizovaly formou spojnicových a pruhových grafů. Zjištěné korelační koeficienty při hledání závislostí mezi proměnnými a nástupem fází byly zobrazeny formou tabulek. Dále se vizualizovala proměnlivost mezifázových intervalů pomocí heat map. Posledním typem vizualizace byl export dat pomocí XSLT transformace do Google Earth.

Ze studia literatury pro tuto práci vyplývá, že většinou byly pro zobrazení fenologických dat používány tabulky a grafy. Nikde nebyla použita metoda vizualizace formou heat map. Proto se na použití této metody kladl důraz a byla v této práci použita. Pro vizualizaci formou heat map se vytvořila metodika ručního zpracování, která byla následně i zautomatizována. To spočívalo v napsání skriptu v jazyce JAVA pro vytvoření podkladového souboru z dat uložených v databázi a v napsání skriptu pro vytvoření heat map v prostředí RKWard z vygenerovaného souboru. Zautomatizováním tohoto typu vizualizace je možné efektivně sledovat proměnlivost mezifázových intervalů na různých stanicích u různých rostlin. Nehomogenity, zjištěné při vizualizaci heat map, mohou být podkladem pro další analýzu jejich příčin.

Následujícím typem použité vizualizace pro sledování nástupu fenofází, bylo zobrazení dat v prostředí Google Earth, ke kterému byla použita XSLT transformace. Tímto zobrazením můžeme najednou sledovat nástupy fází u všech dřevin na zkoumané stanici. Do tohoto typu vizualizace je možné zobrazit i vytvořené heat mapy.

Na základě myšlenky rozšířit fenologii i mezi běžné uživatele, byla vytvořena základní kostra webové aplikace pro fenologii. Pomocí této aplikace by běžní uživatelé mohli vkládat data o dřevinách a sledovat ostatní, v databázi již uložené dřeviny. Obecně by se tímto mohla fenologie více popularizovat. Možným rozšířením této aplikace může být propojení uložených dat o dřevinách do mapy. Jako podklad pro vizualizaci by mohlo být využito OpenStreetMap. Po zobrazení podkladové mapy by se na ní zobrazily stromy uložené v databázi a uživatel by si mohl kliknutím na ikonu stromu zobrazit informace o dřevině. Dalším využitím podkladové mapy může být funkce zvolení místa v mapě a na tomto místě vytvořit nový záznam o stromu. Pokud by o takovou aplikaci měl ČHMÚ zájem, je možné použít základ aplikace vytvořený v rámci této práce a dále ji rozšířit o výše zmiňované možnosti, popřípadě přidat další vhodné možnosti využití.

Spojnicovými grafy byly vizualizovány závislosti mezi počtem dní od 1. ledna daného roku po nástup první fenofáze zkoumané dřeviny a sumou aktivních teplot, sumou slunečního svitu, průměrnou teplotou a průměrnou dobou slunečního svitu na stanici Holenice, pro vybraných 6 dřevin. Na základě korelačních koeficientů, se silný vliv slunečního svitu na nástup první fáze, prokázal pouze u Lísky obecné. U ostatních dřevin je patrné, že sluneční svit ovlivňuje nástup první fáze pouze částečně. U teploty jsou výsledky značně rozkolísané a můžeme tedy tvrdit, že samotná teplota ovlivňuje nástup první fenofáze středně nebo mírně.

Pro hledání závislostí mezi daty by bylo možné dále použít výpočetní model - Neuronové sítě, který se dá využít také pro predikci. Neuronový model může mít mnoho vstupů (teploty, srážky, sluneční svit, sklon terénu, apod.), ale pouze jeden výstup. Bylo by tedy možné díky tomuto modelu najít ve fenologických datech závislosti a přesněji určit, na čem změny nástupů fenofází závisí. Vzhledem k časovému rozsahu sestavení modelu nebyly Neuronové sítě v této práci využity.

Díky výstupům této diplomové práce, má ČHMÚ možnost, dle vytvořených metodik zkoumat data samostatně na všech stanicích u všech dřevin a může data zde použitými metodami vizualizovat.

Použité internetové zdroje

- [1] https://cs.wikipedia.org/wiki/Třešeň_ptačí
- [2] https://cs.wikipedia.org/wiki/Líska_obecná
- [3] https://cs.wikipedia.org/wiki/Bříza_bělokorá
- [4] https://cs.wikipedia.org/wiki/Dub_letní
- [5] https://cs.wikipedia.org/wiki/Bez_černý
- [6] https://cs.wikipedia.org/wiki/Vrba_jíva
- [7] <http://www.fenofaze.cz/cz/o-fenologii/>
- [8] *Zpracování a vizualizace fenologických dat* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2017-02-27].
Dostupné z: <https://dspace.vsb.cz/handle/10084/103446>
- [9] <http://www.oracle.com/technetwork/developer-tools/sql-developer/overview/index-097090.html>
- [10] <https://www.oracle.com/index.html>
- [11] <https://www.google.cz/intl/cs/earth/>
- [12] <http://www.kosek.cz/xml/xslt/>
- [13] <https://developers.google.com/kml/>
- [14] <https://www.pgadmin.org/index.php>
- [15] Databáze. *Úvod* [online]. 2010 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z:
<http://www.databaze.chytrak.cz/>
- [16] <http://saxon.sourceforge.net/>
- [17] <http://searchbusinessanalytics.techtarget.com/definition/heat-map>
- [18] <https://netbeans.org/community/releases/82/>
- [19] <https://www.tvorba-webu.cz/xml/>
- [20] *Klimatické a fenologické poměry observatoře Tušimice* [online]. [cit. 2017-02-09].
Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/92060/?lang=cs>

- [21] *Zpracování a vizualizace klimatických a fenologických dat v Jihočeském kraji*
[online]. Ostrava, 2014 [cit. 2017-02-27].
Dostupné z: <https://dspace.vsb.cz/handle/10084/107897>
- [22] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Holenice>

Použitá literatura

- [23] ČHMÚ: *Návod pro činnost fenologických stanic, Lesní rostliny*, Praha 2009
- [24] COUFAL, Lubomír. *Fenologický atlas*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2004. Terra notitia. ISBN 80-866-9021-0.
- [25] HÁJKOVÁ, Lenka a Pavel LIPINA. *Atlas fenologických poměrů Česka: Atlas of the phenological conditions in Czechia*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012. Terra notitia. ISBN 978-80-86690-98-8.
- [26] BRUNSDON, Chris. *Geocomputation: a practical primer*. ISBN 978-147-3906-303.
Kapitola č. 16
- [27] VÁVRA, Aleš. *Geoinformační technologie ve fenologickém výzkumu a mapování*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky, 2015. Terra notitia. ISBN 978-80-244-4056-9.
- [28] KOTT, Ivan. *Nekonvenční metody klimatologického zpracování fenologických dat*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2010. Terra notitia. ISBN 978-80-86690-67-4.
- [29] HÁJKOVÁ, Lenka. *Fenologické charakteristiky vybraných lesních bylin v Česku: Phenological characteristics of selected forest plants in the Czech Republic*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2013. ISBN 978-80-87577-22-6.
- [30] ŘEHÁK, Jan a Ondřej BROM. *SPSS - Praktická analýza dat*. Brno: Computer Press, 2015. ISBN 978-80-251-4609-5.

Slovník pojmů

ArcMap 10.3 – produkt firmy ESRI, který byl použit pro tvorbu mapových výstupů

ČHMÚ – Český Hydrometeorologický Ústav

Databáze – je místo, kam se ukládají určitým způsobem organizované a strukturované údaje [15]

Fenologická stanice – stanice, na které se zkoumají fenofáze rostlin

Google Earth – (program) je virtuální glóbus, který umožňuje prohlížet Zemi ve 3D. [11]

Heat map – teplotní mapa

Java – programovací jazyk

KML – Keyhole Markup Language (formát souborů používaný k zobrazení geografických dat). [13]

Microsoft Access 2010 – software, ve kterém byla navržena struktura databáze

NetBeans IDE 8.0.2 – editor pro práci s jazykem JAVA [18]

Oracle – společnost nabízející relační databáze a nástroje pro správu těchto databází [10]

pgAdmin – klient, editor pro administraci a vývoj pro PostgreSQL [14]

PostgreSQL – systém pro správu objektově relačních databází [14]

RKward – statistický program pro zpracování dat

Saxon – XSLT procesor [16]

SQL Developer - Oracle SQL Developer je zdarma integrované vývojové prostředí, které zjednodušuje vývoj a správu Oracle databáze [9]

SŘBD – systém řízení báze dat

Visual paradigm – software pro tvorbu diagramů

XML – Extensible Markup Language (značkovací jazyk) [19]

XSLT – eXtensible Stylesheet Language Transformations (používá se k transformaci XML dokumentů a k definici vzhledu jejich formátování) [12]

Zdroje obrázků

- (1) https://cs.wikipedia.org/wiki/Třešeň_ptačí
- (2) <https://www.novinky.cz/bydleni/zahrada/152342-ker-na-zahrade-liska-obecna.html>
- (3) <http://eshop.elinopu.cz/Star-Child-prirodni-parfem-BRIZA-d1.htm?tab=description>
- (4) <http://vizualizace.kravare.cz/charlottin-dub.html>
- (5) https://cs.wikipedia.org/wiki/Bez_černý
- (6) https://cs.wikipedia.org/wiki/Vrba_jíva

Seznam obrázků

Obrázek 1: Fenologické stanice na území ČR	4
Obrázek 2: Oblast zájmu.....	5
Obrázek 3: Umístění stanice Holenice včetně zkoumaných dřevin.....	6
Obrázek 4: Třešeň ptačí, zdroj (1)	6
Obrázek 5: Líska obecná, zdroj (2).....	7
Obrázek 6: Bříza bělokorá, zdroj (3)	7
Obrázek 7: Dub letní, zdroj (4)	8
Obrázek 8: Bez černý, zdroj (5)	8
Obrázek 9: Vrba jíva, zdroj (6)	8
Obrázek 10: Aktivitní diagram základní úrovně.....	12
Obrázek 11: Aktivitní diagram pro předzpracování dat.....	12
Obrázek 12: Ukázka sjednocených dat pro stanici Němčice	13
Obrázek 13: Ukázka označených chybějících hodnot pro doplnění	14
Obrázek 14: Doplnění dat pomocí mezifázových intervalů.....	15
Obrázek 15: Aktivitní diagram pro tvorbu databáze.....	17
Obrázek 16: Datový model	17
Obrázek 17: Připravený list Excelu pro import fáze ZP10 u Bezu černého na všech stanicích	18
Obrázek 18: Zobrazení fenologických stanic v rozšíření Georaptor	19
Obrázek 19: Výstupy zkoumání teploty a slunečního svitu.....	22
Obrázek 20: Krabicový graf pro fenofáze u Třešně ptačí na stanici Holenice	24
Obrázek 21: Zjištění rozsahu osy pro tvorbu heat mapy u Třešně ptačí v letech 1992 - 2011	27
Obrázek 22: Výpis fenofází u Třešně ptačí v roce 1992 seřazené dle hodnoty	28
Obrázek 23: Ukázka tvorby osy v Excelu včetně přechodu mezi roky	29

Obrázek 24: Číselník pro fenofáze u Třešně ptačí	29
Obrázek 25: Ukázka korektního souboru pro vytvoření heat map (Třešeň ptačí, data pro rok 1992)	30
Obrázek 26: Skript pro vytvoření heat map	31
Obrázek 27: Heat map pro Třešeň ptačí na stanici Holenice s vyznačenými odchylkami v nástupech fází	32
Obrázek 28: Situace, kdy nastávají fenofáze v jeden den (Třešeň ptačí, rok 1995, stanice Holenice)	33
Obrázek 29: Situace, kdy následující fenofáze nenastala a nastala až poslední (Třešeň ptačí, rok 2004, stanice Holenice)	33
Obrázek 30: Situace, kdy následující fenofáze nenastala a další pak ano (Bříza bělokorá, rok 1997, stanice Holenice)	34
Obrázek 31: Situace, kdy chybí více fenofází (Bříza bělokorá, rok 1992, stanice Holenice)	34
Obrázek 32: Situace, kdy 2 fenofáze nastaly v jeden den a následující fenofáze nenastala (Dub letní, rok 2003, stanice Holenice)	34
Obrázek 33: Fenofáze se předbíhají a následující nenastala (Bříza bělokorá, rok 1992, stanice Běleč nad Orlicí)	35
Obrázek 34: Detekovaná chyba v heat mapě při automatickém vytvoření souboru	35
Obrázek 35: Heat map po opravení problému při automatickém zpracování	35
Obrázek 36: Ukázka tabulky připravené k exportu do XML	37
Obrázek 37: Vyexportovaná tabulka v XML	38
Obrázek 38: Zobrazení fenologických fází v prostředí Google Earth	39
Obrázek 39: Vizualizace heat map v prostředí Google Earth	40
Obrázek 40: Ukázka hlavní obrazovky při spuštěné aplikaci	41
Obrázek 41: Korelační koeficienty pro zkoumanou teplotu	42
Obrázek 42: Data pro analýzu korelace u slunečního svitu	43

Seznam tabulek

Tabulka 1: Informace o umístění dřevin	6
Tabulka 2: Vysvětlivky zkratk fenofází	9
Tabulka 3: Přehled zkoumaných fenofází seřazených podle nástupu fáze	11
Tabulka 4: Zhodnocení doplnění dat na všech sledovaných stanicích	16
Tabulka 5: Charakteristika vybraných fenologických stanic pro intervalové odhady	25
Tabulka 6: 95% intervalové odhady nástupu fenofází pro Třešeň ptačí na 4 různých stanicích.....	25
Tabulka 7: Porovnání korelačních koeficientů	44
Tabulka 8: Analýza korelace nad daty o teplotě od začátku roku po nástup první fenofáze	44
Tabulka 9: Analýza korelace nad daty o slunečním svitu od začátku roku po nástup první fenofáze	45

Seznam grafů

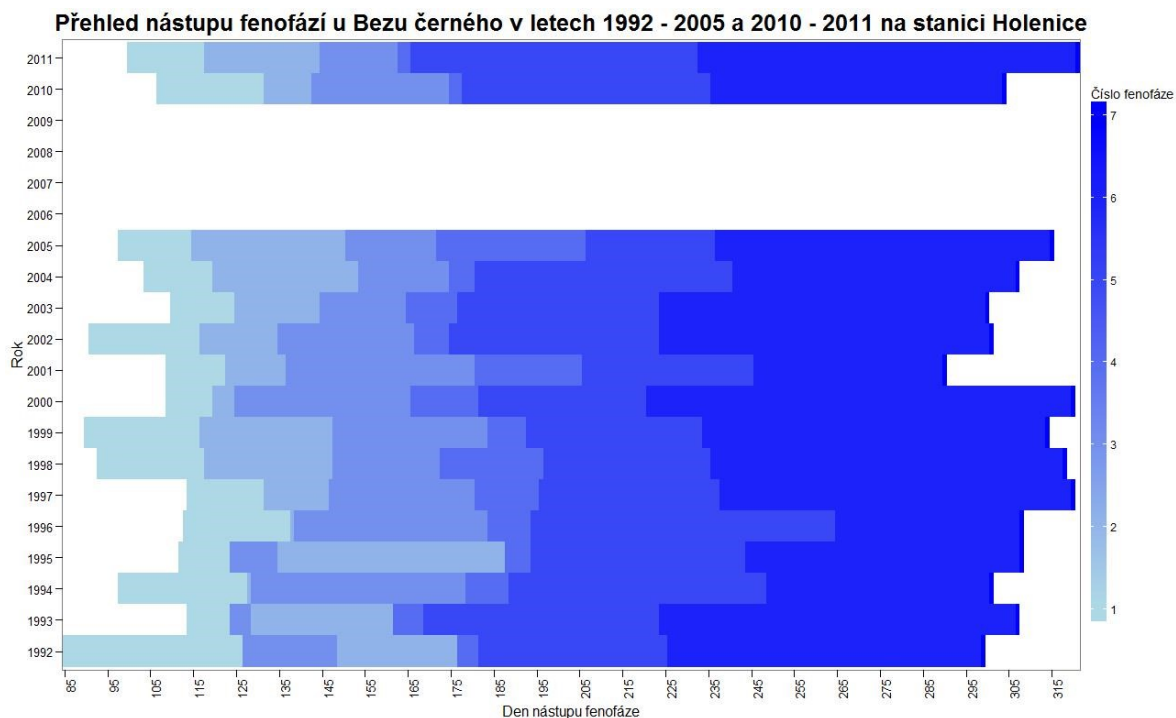
Graf 1: Vizualizace dat získaných z databáze.....	23
Graf 2: Vizualizace proměnlivosti mezifázových intervalů	23
Graf 3: Vizualizace závislosti mezi sumou aktivních teplot a počtem dní do nástupu první fenofáze.....	46
Graf 4: Vizualizace závislosti mezi sumou slunečního svitu a počtem dní do nástupu první fenofáze	47
Graf 5: Vizualizace závislosti mezi průměrnou teplotou a počtem dní do nástupu první fenofáze.....	47
Graf 6: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze a průměrnou dobou slunečního svitu	47
Graf 7: Vizualizace závislosti mezi sumou aktivních teplot a průměrnou teplotou	48
Graf 8: Vizualizace závislosti mezi sumou slunečního svitu a průměrnou dobou slunečního svitu.....	48

Seznam příloh

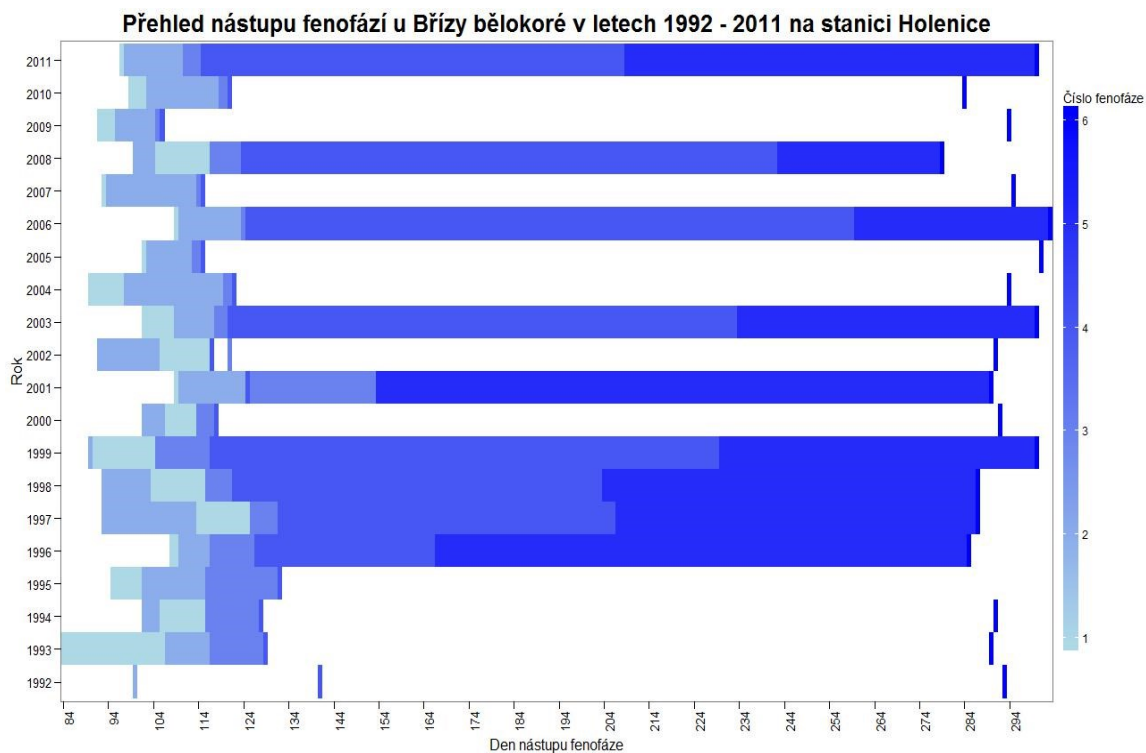
- Příloha 1: Heat map pro Bez černý
- Příloha 2: Heat map pro Břízu bělokorou
- Příloha 3: Heat map pro Vrbu jívu
- Příloha 4: Heat map pro Dub letní
- Příloha 5: Heat map pro Lísku obecnou
- Příloha 6: Heat map pro Třešeň ptačí
- Příloha 7: Heat map pro Lísku obecnou se změněnou škálou barev
- Příloha 8: Vizualizace závislosti mezi sumou aktivních teplot a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Bezu černého
- Příloha 9: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou teplotou u Bezu černého
- Příloha 10: Vizualizace závislosti mezi sumou aktivních teplot a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Břízy bělokoré
- Příloha 11: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou teplotou u Břízy bělokoré
- Příloha 12: Vizualizace závislosti mezi sumou aktivních teplot a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Vrby jívy
- Příloha 13: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou teplotou u Vrby jívy
- Příloha 14: Vizualizace závislosti mezi sumou aktivních teplot a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Dubu letního
- Příloha 15: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou teplotou u Dubu letního
- Příloha 16: Vizualizace závislosti mezi sumou aktivních teplot a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Lísky obecné
- Příloha 17: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou teplotou u Lísky obecné

- Příloha 18: Vizualizace závislosti mezi sumou slunečního svitu a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Bezu černého
- Příloha 19: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou dobou slunečního svitu u Bezu černého
- Příloha 20: Vizualizace závislosti mezi sumou slunečního svitu a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Břízy bělokoré
- Příloha 21: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou dobou slunečního svitu u Břízy bělokoré
- Příloha 22: Vizualizace závislosti mezi sumou slunečního svitu a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Vrby jívy
- Příloha 23: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou dobou slunečního svitu u Vrby jívy
- Příloha 24: Vizualizace závislosti mezi sumou slunečního svitu a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Dubu letního
- Příloha 25: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou dobou slunečního svitu u Dubu letního
- Příloha 26: Vizualizace závislosti mezi sumou slunečního svitu a počtem dní
do nástupu první fenofáze u Lísky obecné
- Příloha 27: Vizualizace závislosti mezi počtem dní do nástupu první fenofáze
a průměrnou dobou slunečního svitu u Lísky obecné

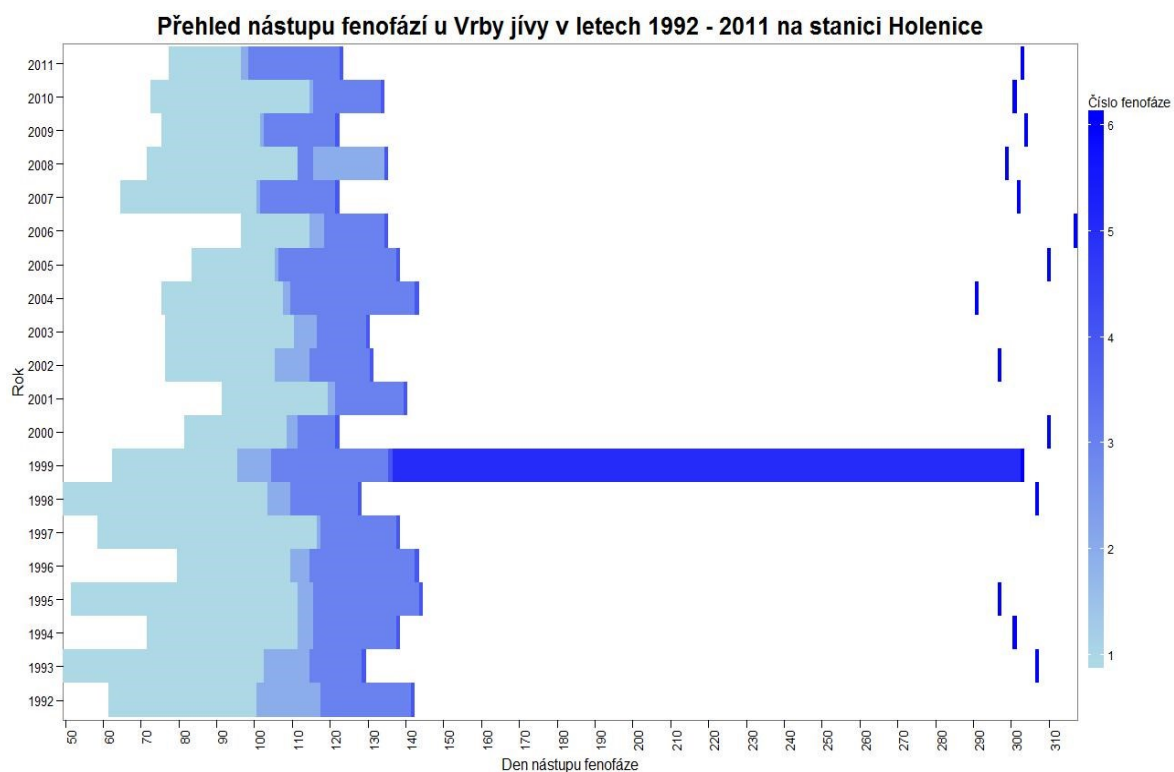
Příloha 1:



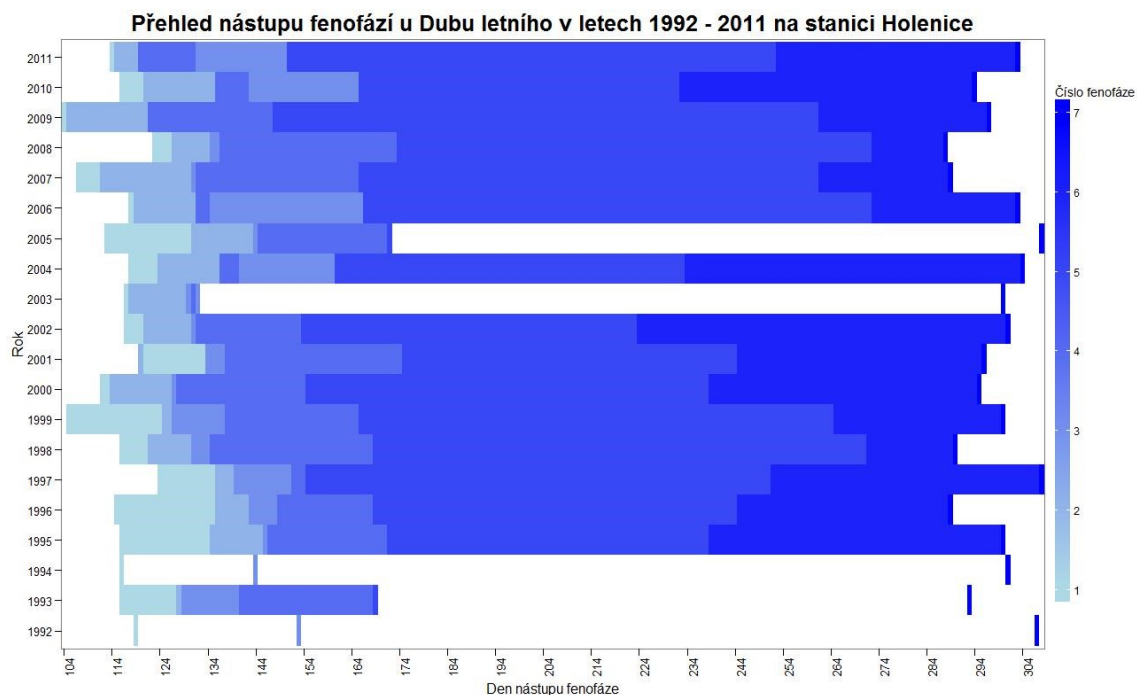
Příloha 2:



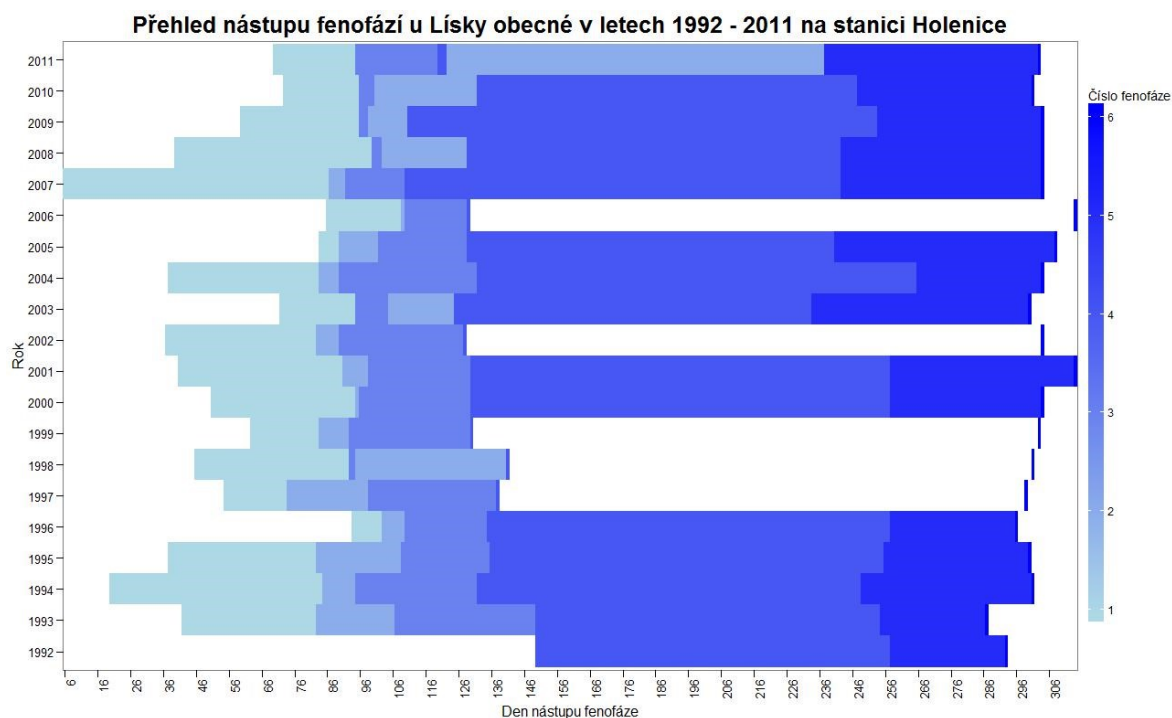
Příloha 3:



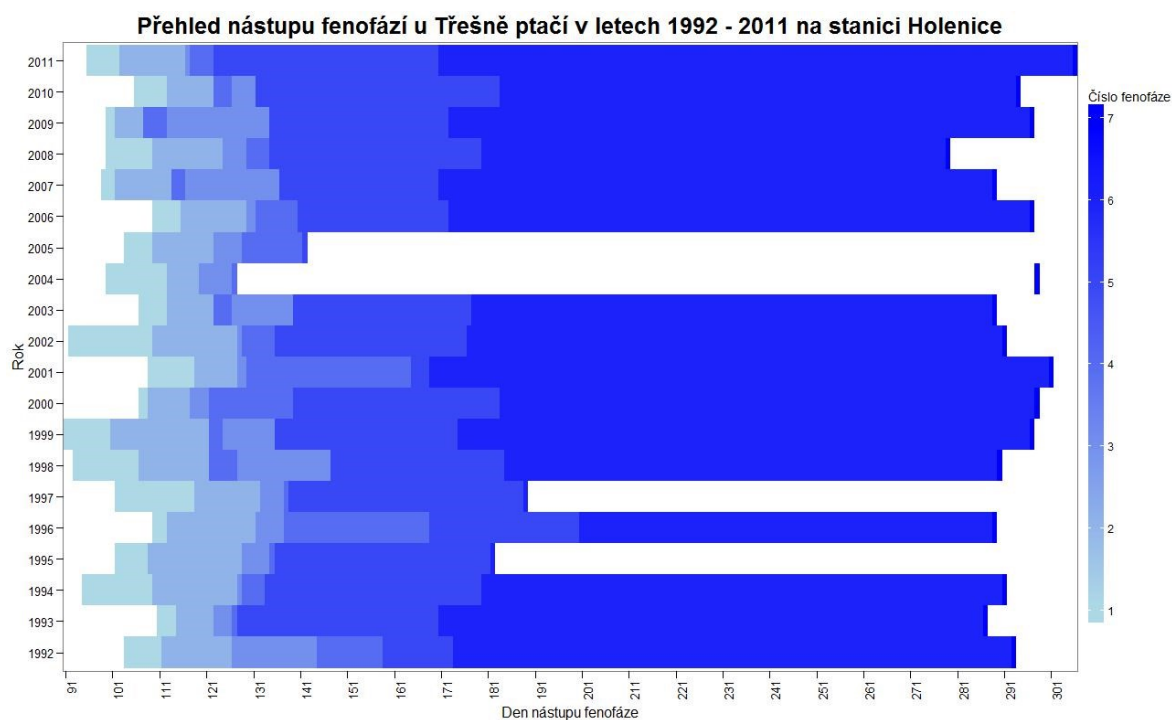
Příloha 4:



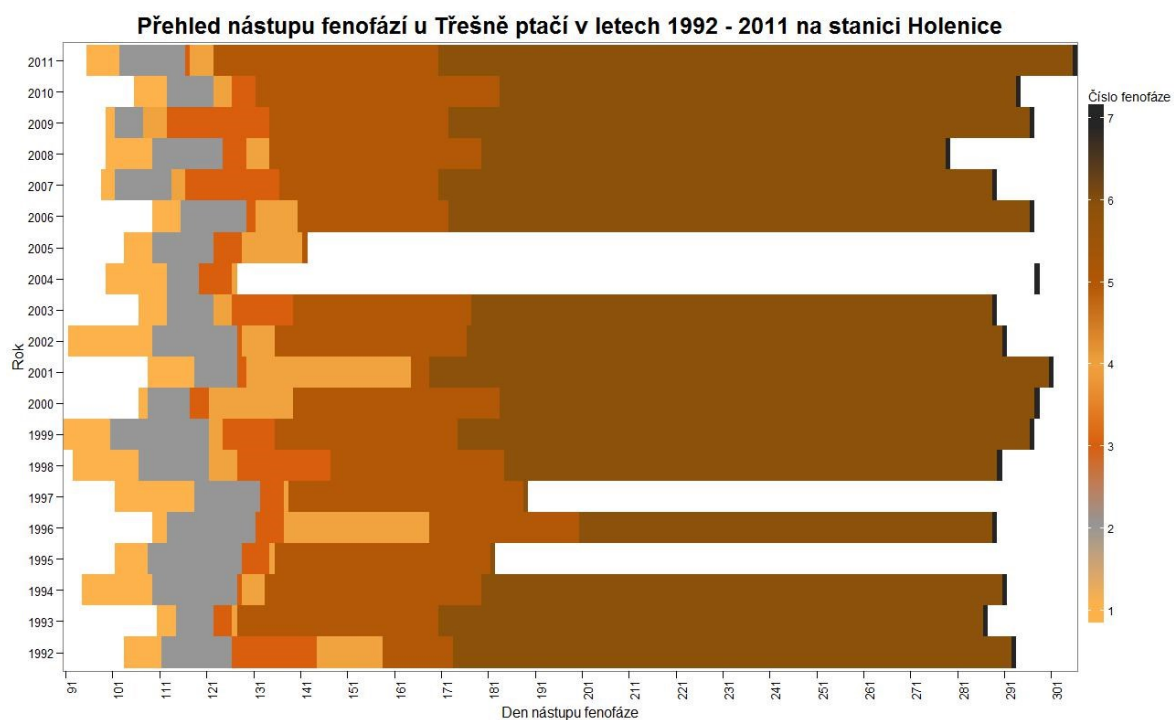
Příloha 5:



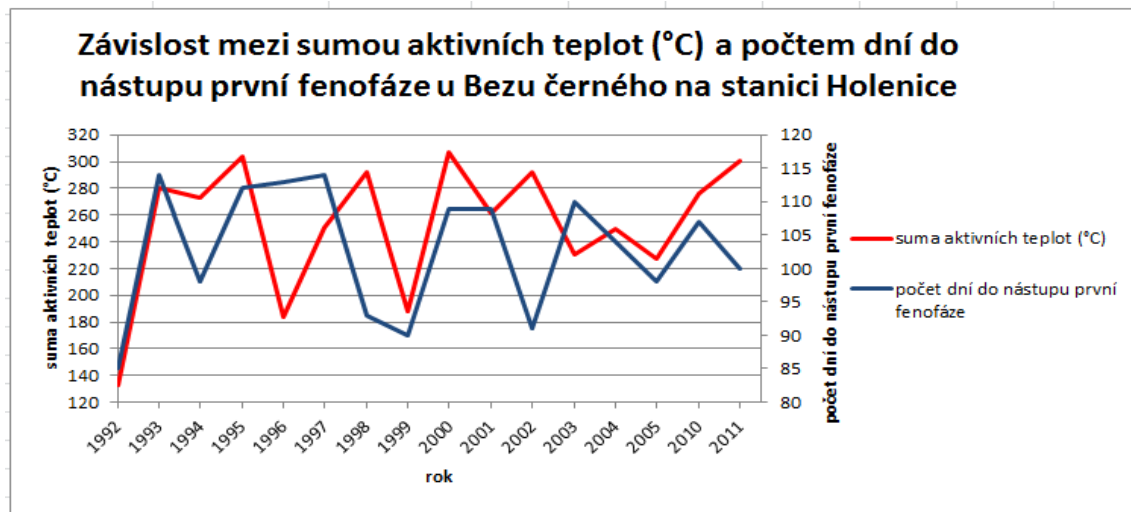
Příloha 6:



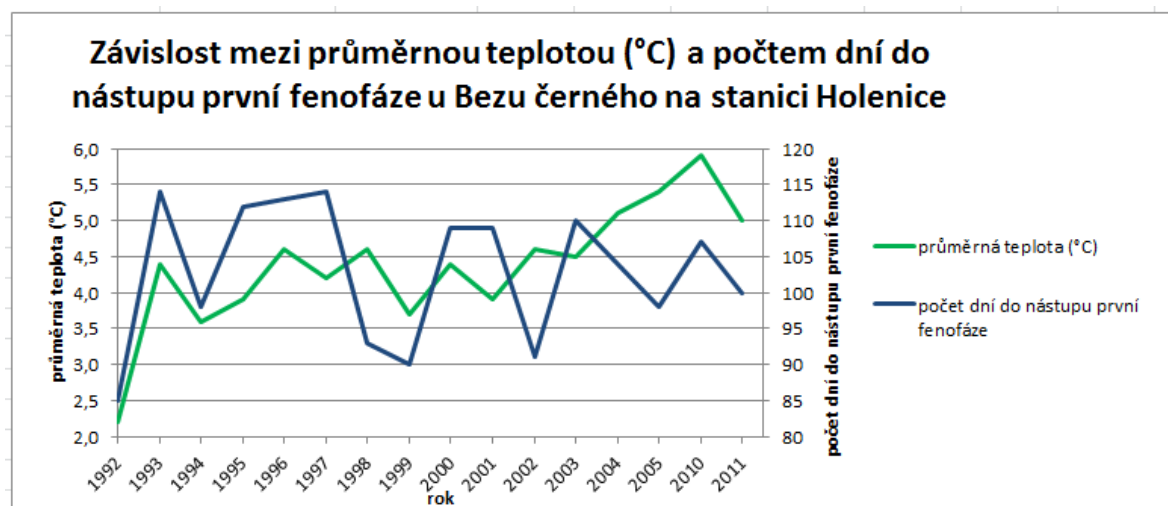
Příloha 7:



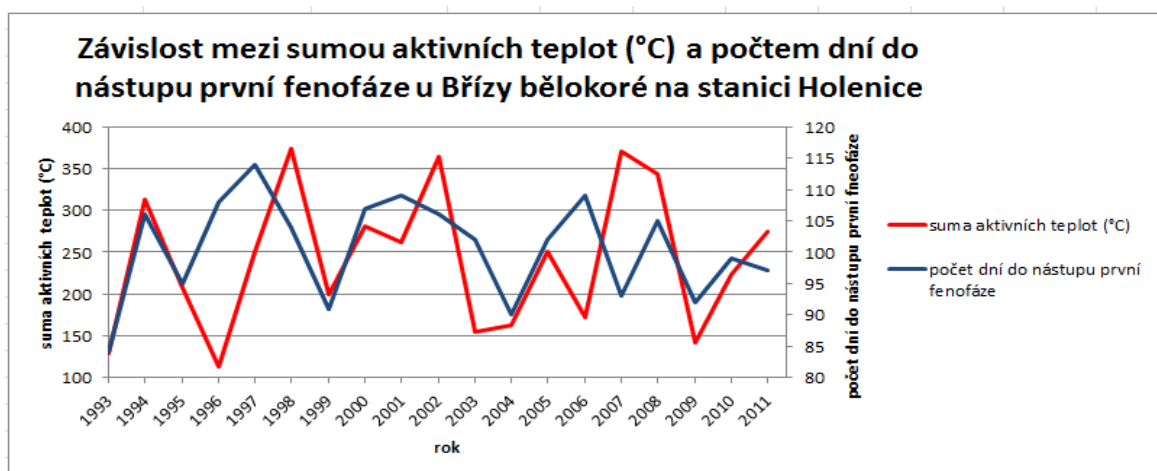
Příloha 8:



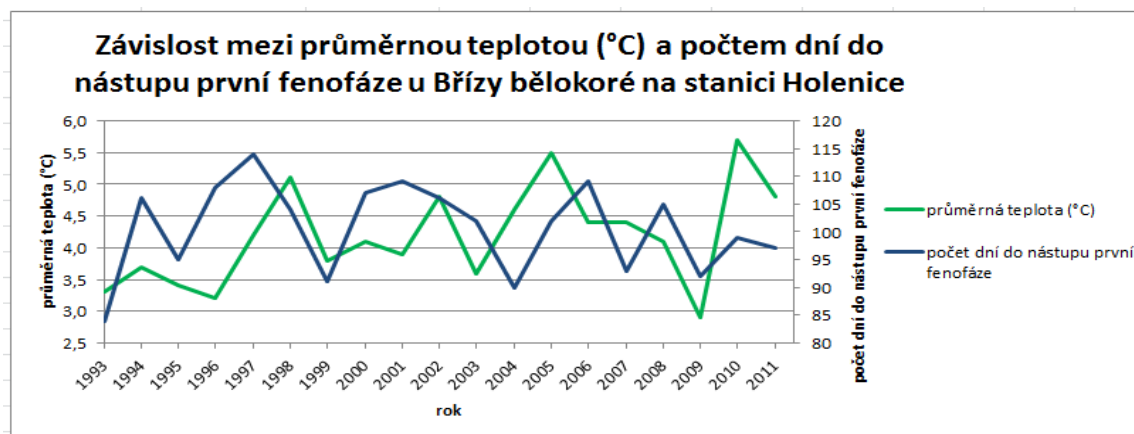
Příloha 9:



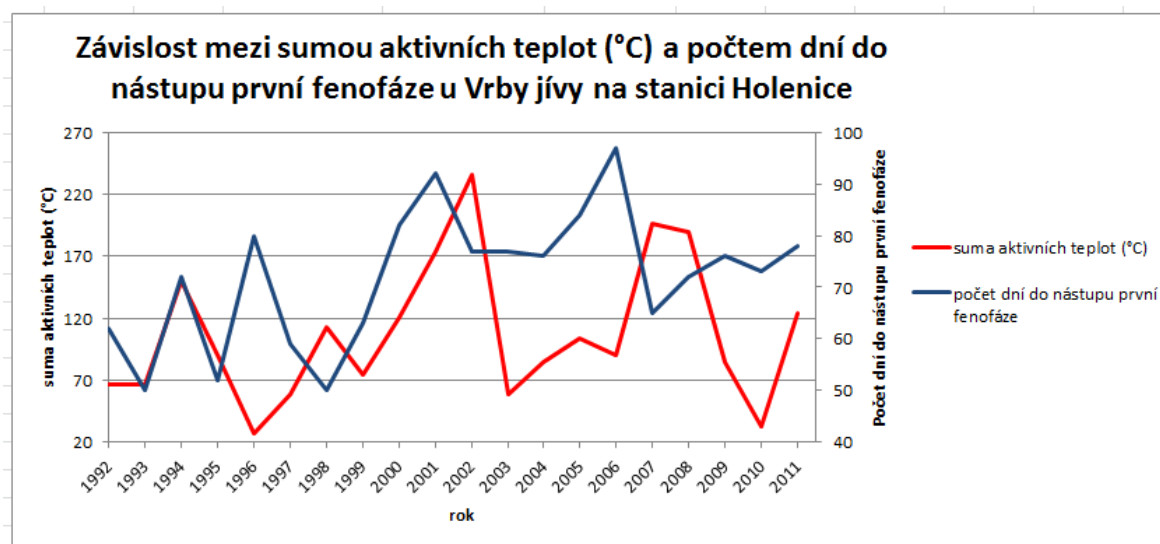
Příloha 10:



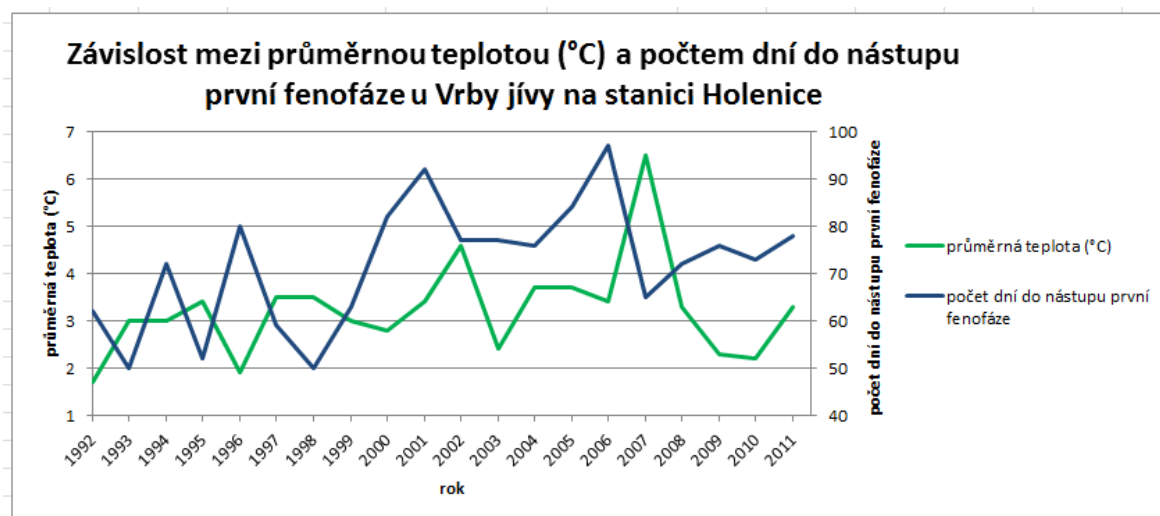
Příloha 11:



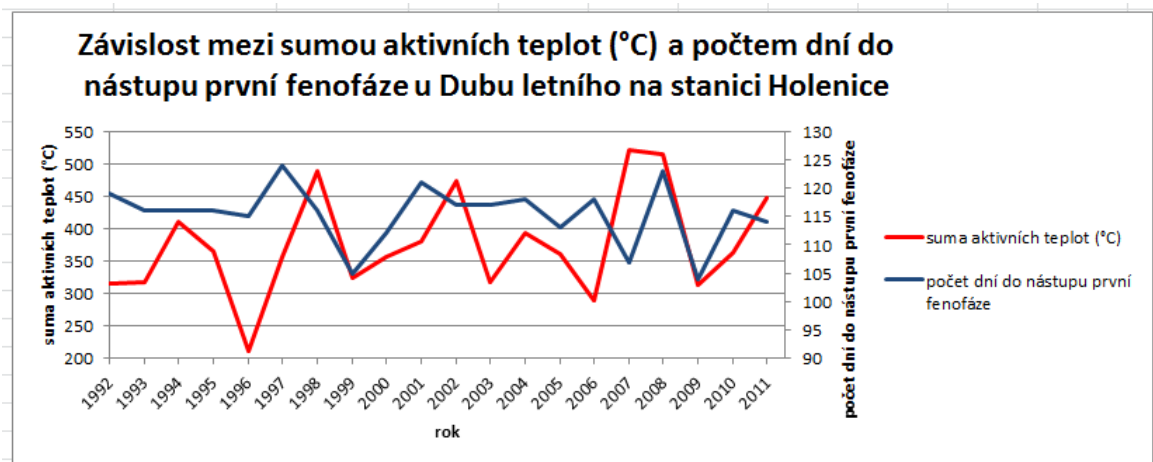
Příloha 12:



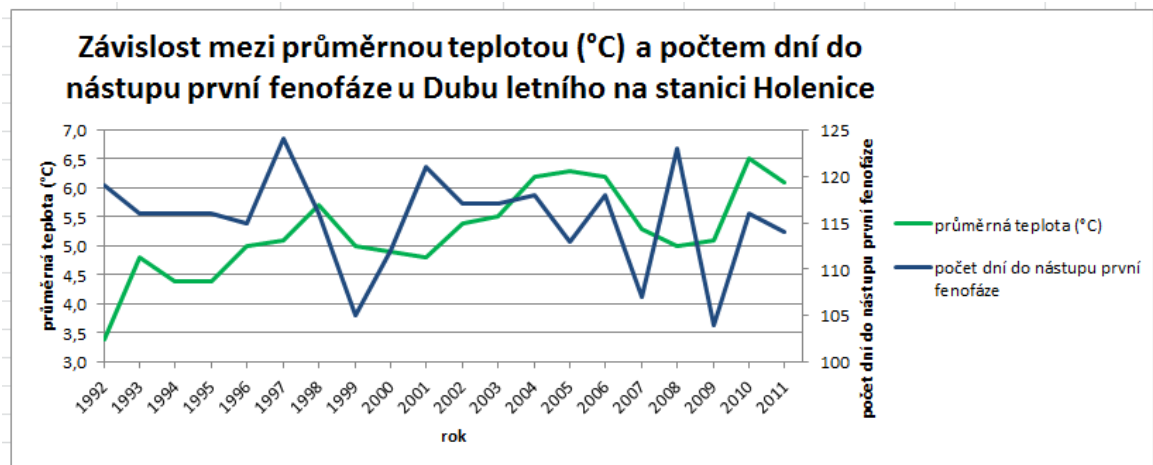
Příloha 13:



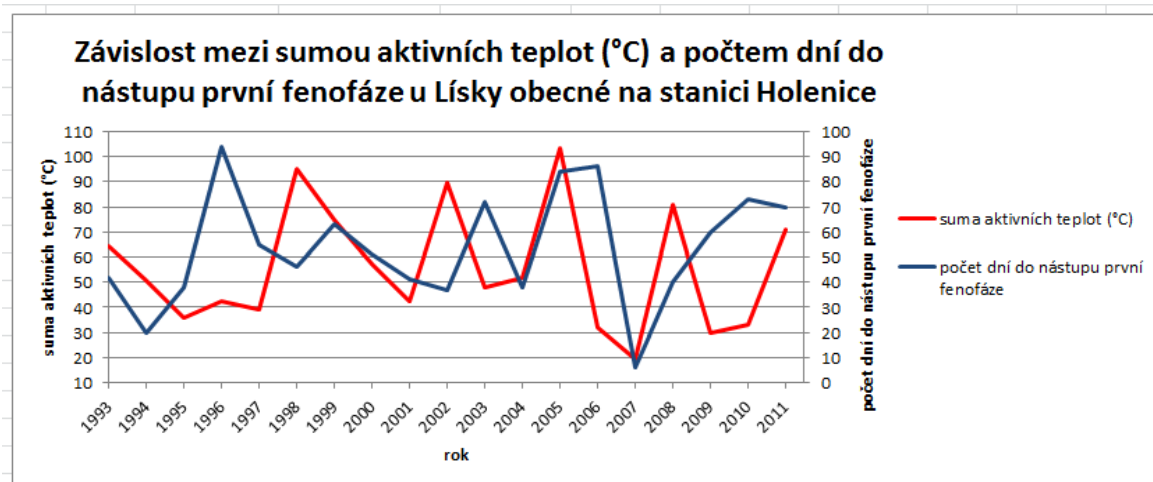
Příloha 14:



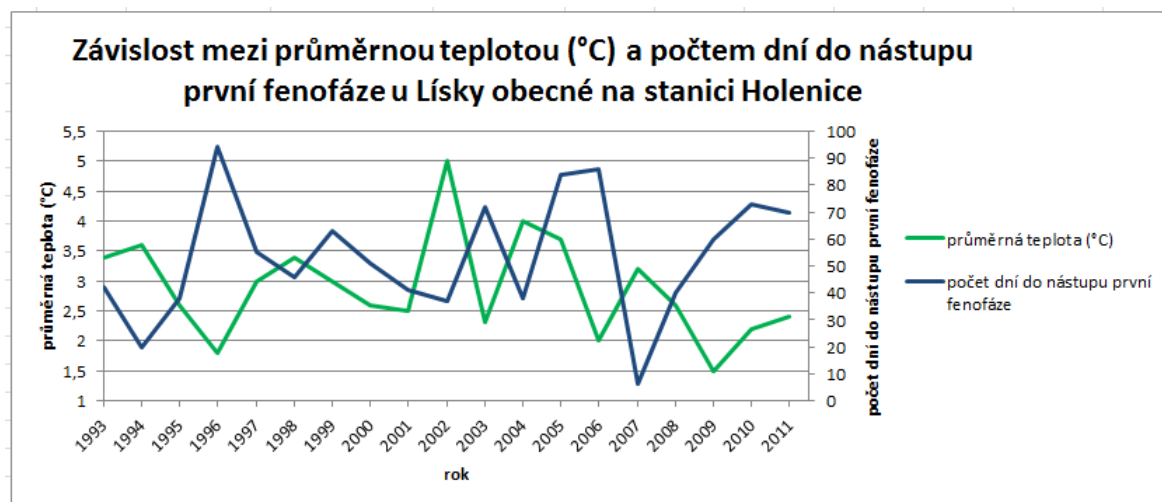
Příloha 15:



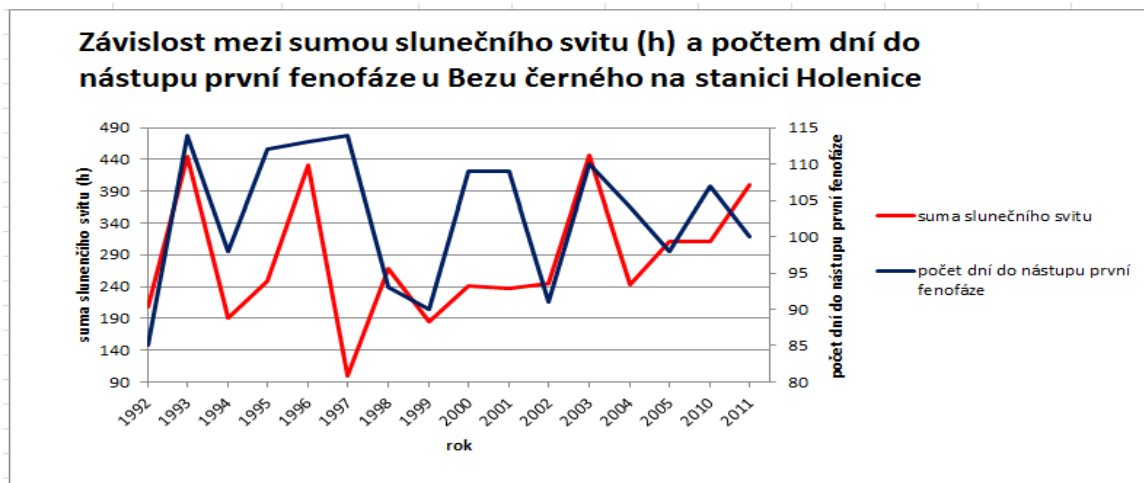
Příloha 16:



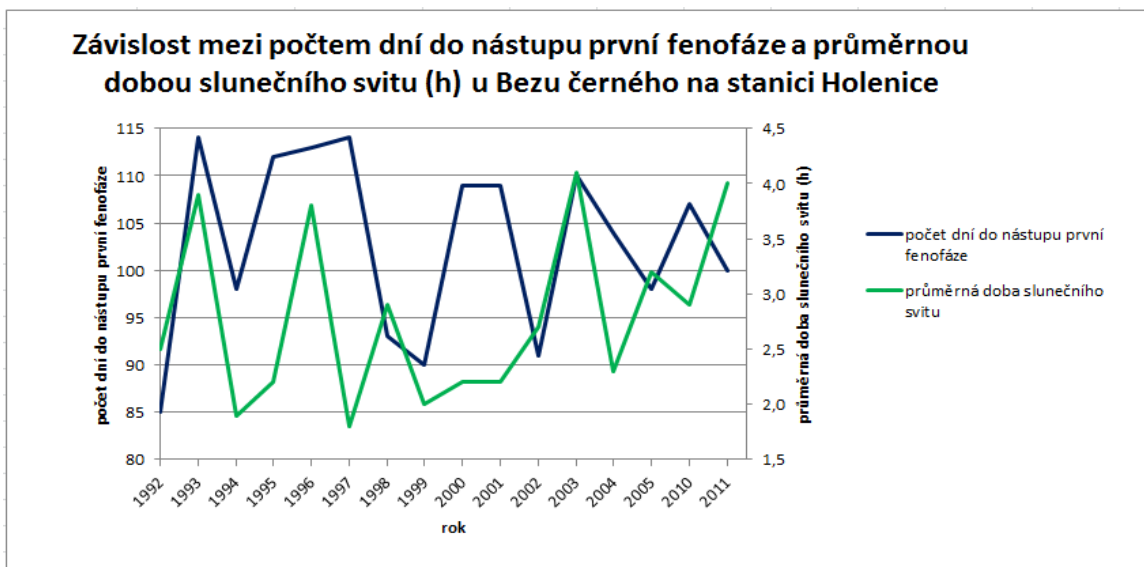
Příloha 17:



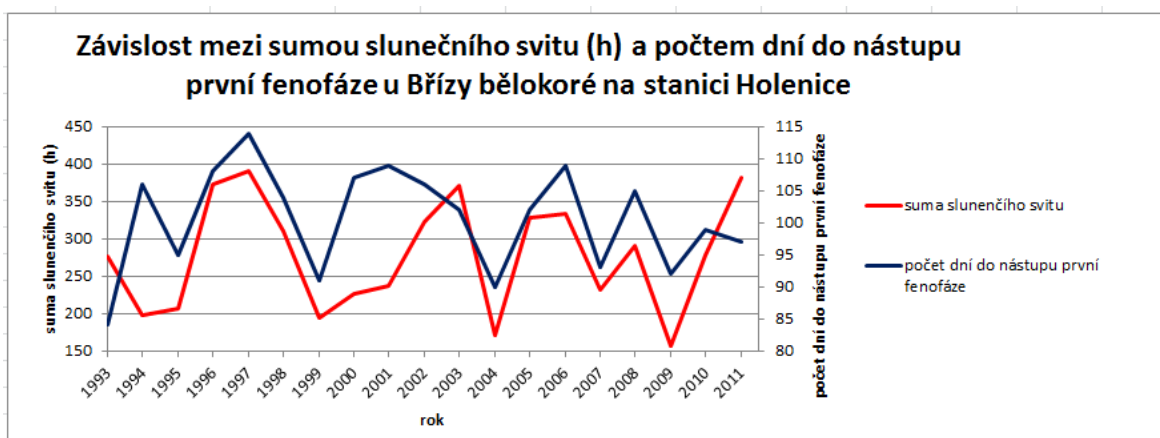
Příloha 18:



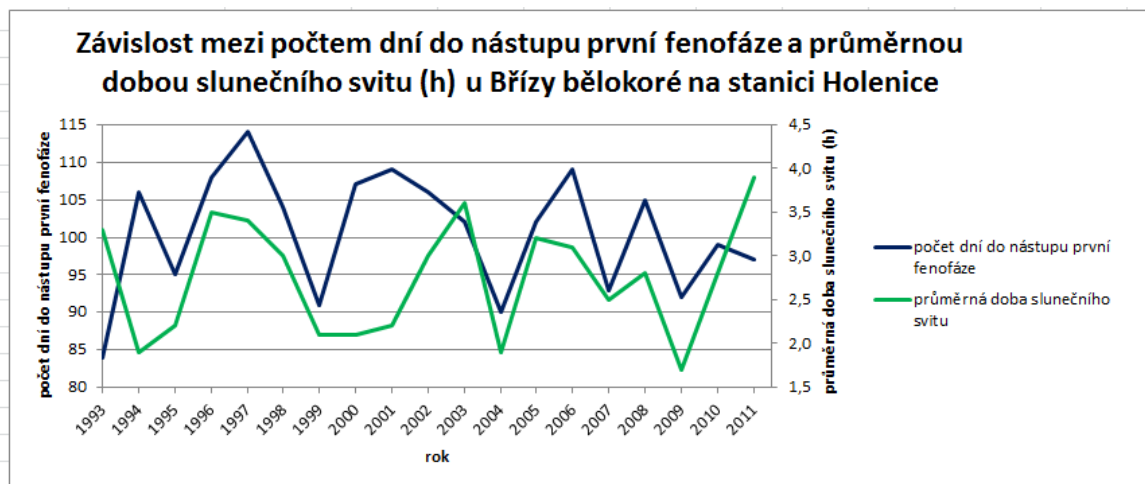
Příloha 19:



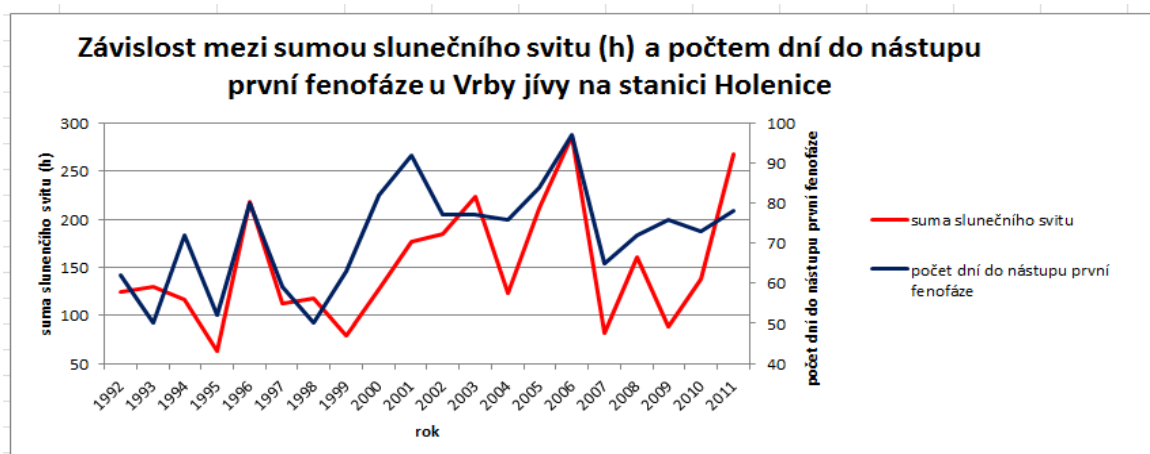
Příloha 20:



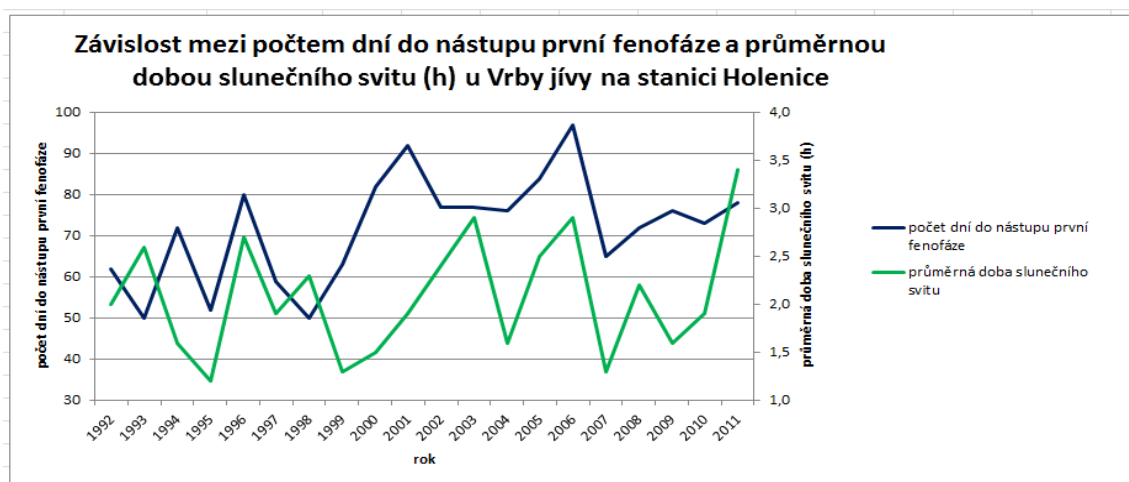
Příloha 21:



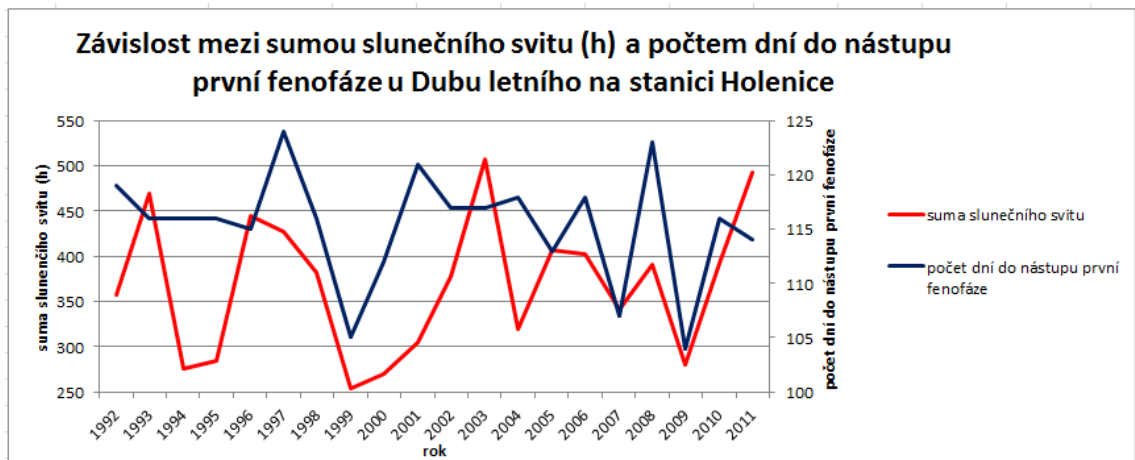
Příloha 22:



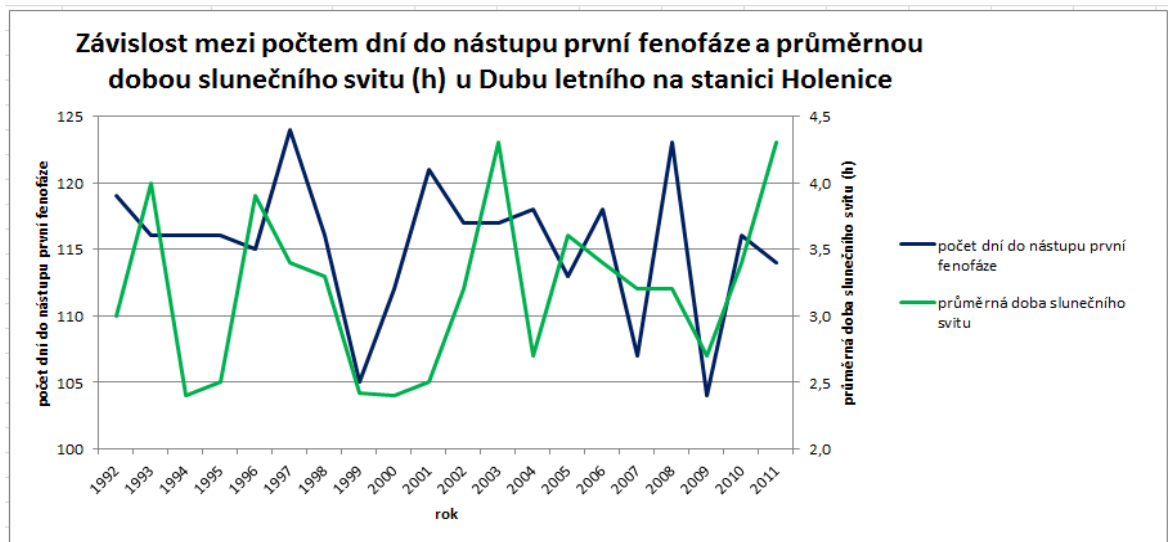
Příloha 23:



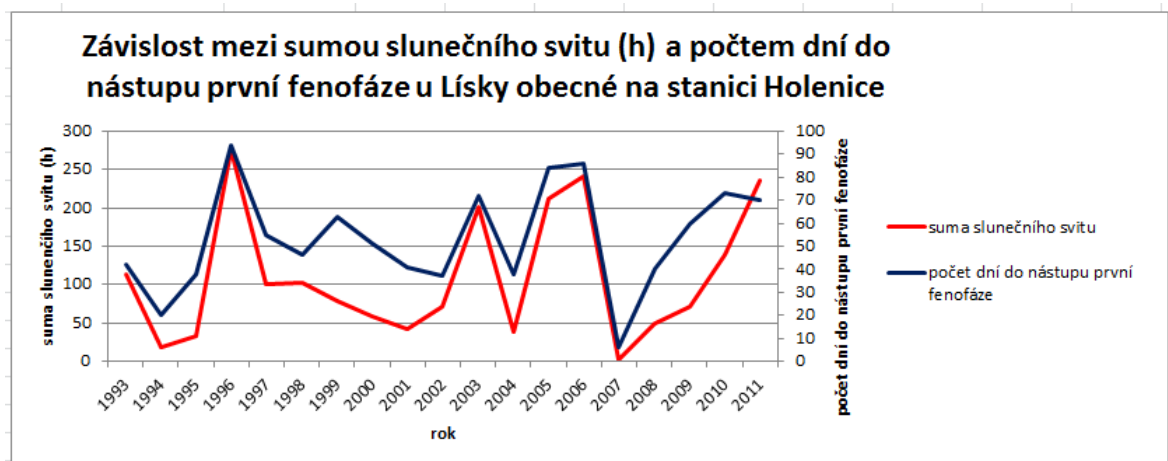
Příloha 24:



Příloha 25:



Příloha 26:



Příloha 27:

